中華農業研究

第三十二卷　　第　四　期

目　次

期作間水稻光合成物質生產、分配及產量之比較……………………魏夢麗　劉大江…… 303
玉米測交與全互交分析………………………………………………………………呂宗佳…… 312
甘藷塊根粗澱粉率變異之研究……………………………………………李　良　廖嘉信…… 325
食用美人蕉品種間農藝特性及澱粉含量之研究……………………………………胡敏夫…… 336
利用種子生產馬鈴薯之栽培研究（英文）…………………………………………曹幸之…… 341
水田滿江紅固氮之肥效及抑制稻田雜草之研究……………………………………林錫錦…… 348
臺灣水稻新病害—稻細菌性穀枯病…………簡錦忠　張義璋　廖英明　歐世璜…… 360
臺灣蕪菁嵌紋病毒對十字花科蔬菜病徵之比較（英文）………林正忠　連麗仙…… 367
小菜蛾抗藥性之研究 Ⅳ. Glutathione-S-transferase
　　在抗有機磷品系中之變化（英文）…………………鄭　允　周桃美　高靜華…… 373
水稻在不同生育時期對褐飛蝨抵抗性反應之初步觀察………………………………楊遜謙…… 379
小紅蜷節蟲生態觀察…………………………………………………………林　欉　李錦霞…… 383

中華民國七十二年十二月
臺灣省農業試驗所出版
中華民國 臺灣省 臺中縣 霧峯鄉

中華農業研究 (Jour. agric. Res. China) 32(4):303～311 (1983)

期作間水稻光合成物質生產、分配及產量之比較[1]

魏夢麗　　劉大江[2]

摘要：本試驗於1981年二期作與1982年一期作分別在屏東與臺中二地區進行，在水稻生育期間測定不同器官內乾物質，全氮及非構造性碳水化含物 (TNC) 含量的變化， 以明瞭品種間，區域間與期作間產量差異的原因。

水稻抽穗時之全株乾物重以一期作為高，其中以屏東區臺農67號差異最為明顯，臺中地區臺農67號及臺南5號的差異較小。二期作稻抽穗期全株乾物重低落原因主要受分蘖數較少的影響，就單一分蘖平均乾重進行比較，反以二期作稍高。抽穗後穀粒發育期間乾物質的生產量，亦以一期作顯著優於二期作，屏東地區的差別最為明顯。

一期作水稻抽穗時莖稈內 TNC 濃度顯著高於二期作，抽穗期營養器官內 TNC 含量為二期作之1.5—5.5倍，表示有較多的預貯物質。抽穗後穀粒充實期間，屏東、臺中二地區之一期作 TNC 生產量高於二期作。非構造性碳水化合物收穫指數 (HTNCI) 均高，介於 0.93—0.98 之間，無地區、品種或期作性差異。而產量經由預貯物質而來的百分比 (pre-heading storage contribution)，一期作介於17.8—22.5%之間，二期作為11.6—17.9%。

葉片為水稻植株內含氮濃度較高之器官，屏東、臺中二地區於抽穗期葉片氮濃度表現不一致，但屏東區臺農67號葉片內氮濃度明顯的以一期作為低，和一期作極高產與二期作低產的表現，可推知抽穗期葉片內全氮濃度的高低與產量間的關係並不單純。植株的全氮收穫指數 (HNI) 以一期作為高，介於0.70—0.81之間，二期作為0.65—0.76，顯示前者有較多的轉流量，氮代謝作用與碳代謝作用之間可能互為影響，值得進一步研究。

期作間產量差異比較發現，千粒重差別不大，每穗穎花數與結實率乘積在期作間亦相似，穗數為決定產量的最主要因子。二期作低產除了穗數較少及抽穗時乾物重與 TNC 含量較低外，穀粒充實期間乾物質淨生產量亦較低，為今後謀求二期作水稻增產應注意的方向。

本研究室以往的試驗報告[8,15]發現一期作水稻於成熟期營養器官仍貯存有相當穗部總量 20% 的 TNC，而二期作成熟期營養器官內僅含有3－4%之 TNC，無法供應穗部需要。因此提出假說認為一期作之貯蓄 (sink) 容積為產量限制因子，而提高穀粒充實期間光合成能力，可能增高二期作水稻產量。

林[1]曾提出第二期作水稻光合作用能力 (photosynthetic capacity) 及光合作用效率 (photosynthetic efficiency) 均較一期作為低。謝[6]報告抽穗前預貯物質對穀產量的貢獻以一期作所佔的比率較高，二期作產量不僅受產量能力 (yield capacity) 的限制，且受抽穗後同化作用低下的影響。一般認為穀產量中碳水化合物的20%由抽穗前預貯養份而來。二期作除了光合作用能力低之外，抽穗後之光合成物質由葉部供源 (source) 輸送至穀粒內的情形，仍待進一步研究。

1.臺灣省農業試驗所　研究報告第 1128 號。

2.本所農藝系助理與研究員兼系主任。臺灣省　臺中縣　霧峰鄉。

本試驗目的為探討一、二期作水稻的光合成物質累積與分配效率的變化，提供為增加水稻產量之參考。

材料與方法

試驗採用粳稻臺農67號及臺南5號兩品種為材料，於1981年二期作及1982年一期作進行，在屏東市屏東農專農場係以臺農67號為材料，採手植方式栽培，行株距為 27×18 cm。在臺中縣霧峰鄉農業試驗所農場則採用臺農67號、臺南5號兩個水稻品種，以機插方式栽培，行株距為 30×15 cm。本試驗採用完全逢機區集設計，重複三次。

樣品的採取為自抽穗期至成熟期間，每十天採樣一次，每次於各小區取10株水稻，將地上部分區分為葉片、莖稈與穗部。樣品置於 100 °C 通風乾燥箱 2 小時後，以 70 °C 繼續乾燥 24 小時。烘乾之樣品，經測定乾物重後，使用40目篩以 Wiley mill 磨粉，供化學分析用。

TNC 測定依照 Smith [11] 法進行，樣品磨粉後於 40 °C 下以 takadiastase (Clarase 40,000，美國 MilesLaboratories, Inc. 出品)水解44小時，然後再依 Shaeffer-Somogyi 的 Copperiodometric 法測定還原醣。氮素依 semi-micro Kjeldahl 法測定。

水稻成熟時，調查穗數、每穗穎花數、結實率、千粒重與產量。

結 果

屏東地區臺農67號一、二期作乾物重變化示於圖1，第一期作水稻抽穗期的全株乾物重為 54.8g，收穫時為 78.1g，淨增加 23.3g；抽穗時營養器官乾物重佔全株之83.6%，主要由莖稈 (32.2g)

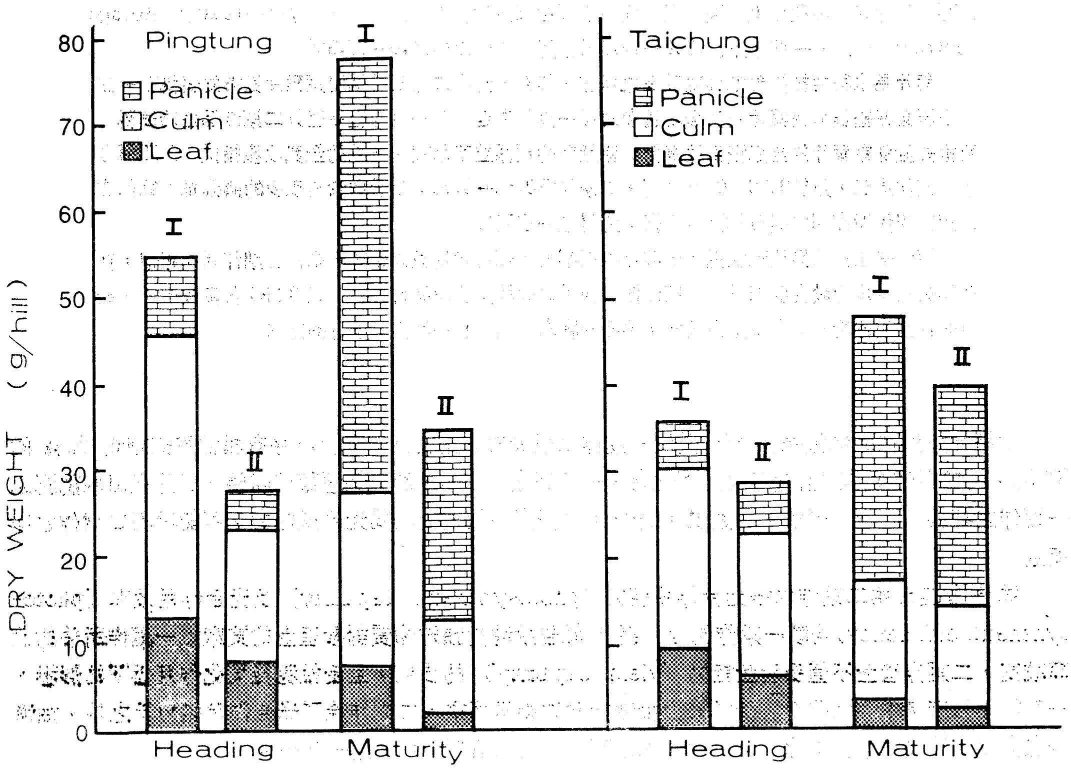


Fig. 1. Changes in dry weight (g/hill) from heading to maturity of Tainung No. 67 rice in the first (1982) and second (1981) crop seasons.

與葉片（13.6 g）構成。成熟期則以穗部（47.9 g）最高，佔全株乾物重的 61.3%。二期作抽穗期全株乾物重爲 27.9g，至成熟期增爲 34.9g，抽穗期之乾物重主要亦是由營養器官構成，佔全株乾物重之84.1%，成熟期穗部乾物重爲 22.2g，佔全株乾物重之57.3%。期作間之比較顯示，一期作抽穗期全株乾物重較二期作高49.1%，其中營養器官約高50%，成熟期全株乾物重則增高55.3%，穗部乾物重亦增加53.7%。

臺中地區臺農67號一、二期作乾物重變化示於圖1，臺中區一期作抽穗期全株乾物重爲 35.9g，穀粒充實期間增加 12.1g，而穗部乾物重爲 30.4g，佔全株之 63.5%。二期作抽穗期乾物重 28.8g，主要由營養器官（22.6g）組成，成熟時全株乾物重增爲 39.9g，穗部重 25.6g，佔全株之64.2%。一期作抽穗期全株乾物重較二期作高19.8%，至成熟期增高16.9%，穗部一期作（30.4 g）較二期作（25.6g）高出15.8%。

屏東地區臺農67號 TNC 含量變化示於圖 2，一期作稻於抽穗期全株 TNC 含量爲 11.4g，其中營養器官爲 10.6g，約佔全株含量 93%，成熟期全株含量增至 32.1g，以穗部 31.3g 佔全株含量97.5%，營養器官則減少 9.8g，僅爲 0.8g，佔全株含量2.5%。二期作抽穗期全株 TNC 含量僅有3.2g，其中營養器官 2.8g，穗部爲 0.4g，成熟期全株含量增至爲 14.3g，營養器官降至 0.8g，爲抽穗期之35%，穗部增加 13.3g，佔全株含量之 95.8%。一、二期作 TNC 含量變化情形相似，抽穗期 TNC 含量主要存於營養器官中，隨著穀粒的發育，TNC 自營養器官轉移至穗部中，以一期作 TNC 佡量較高，成熟期時約爲二期作的 2.2倍。

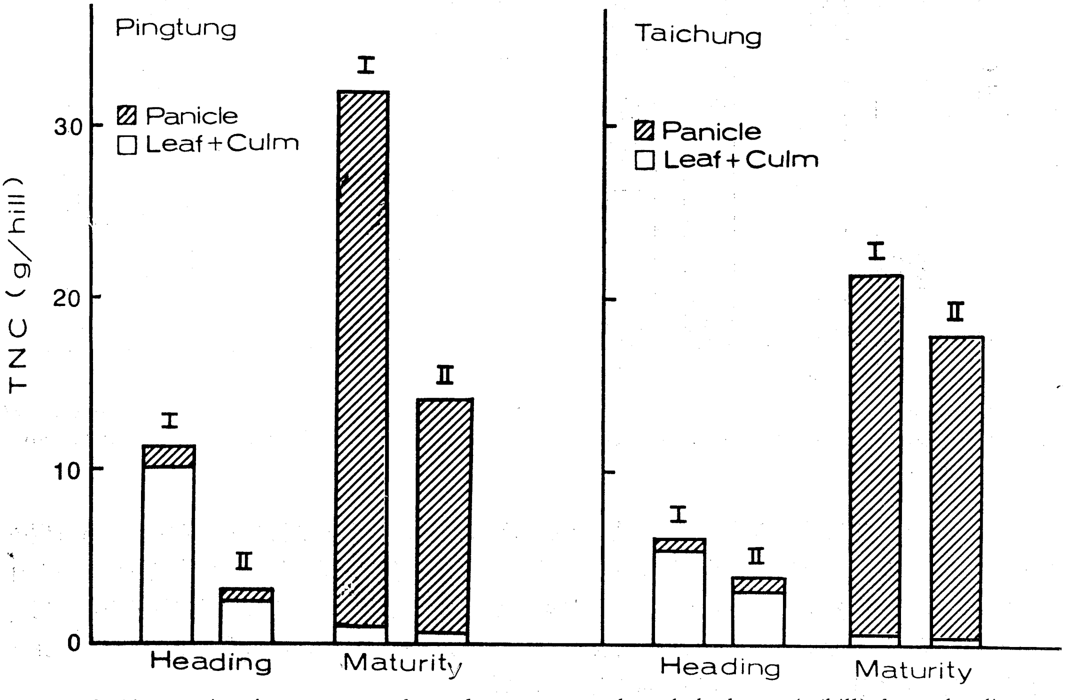


Fig. 2. Changes in the amount of total nonstructural carbohydrates (g/hill) from heading to maturity of Tainung No. 67 rice in the first (1982) and second (1981) crop seasons.

臺中地區臺農67號 TNC 含量變化示於圖 2，一期作稻株 TNC 含量由抽穗期 6.2g 增至成熟期21.4g，營養器官由 5.9g 降低爲 0.7g，穗部 TNC 含量則由 0.3g 激增至 20.7g。二期作抽穗期 TNC 含量爲 4.3g，營養器官 3.6g，約佔全株83.7%，成熟期 TNC 含量增加 17.8g，穗部含量佔全株97.7%，營養器官減少 3.2g，亦即較抽穗時減少88%。一期作之 TNC 含量較二期作高，與

屏東地區試驗結果比較，則含量較低。一期作 TNC 含量約爲二期作的 1.2 倍。

臺中地區臺南 5 號一、二期作乾物重變化列於圖 3 ，一期作抽穗期全株乾物重由 30.4g 增至成熟期 46.6g，增加量爲 16.2g，營養器官由 26.1g 下降至 17.2g，穗部增爲 29.5g，佔全株乾物重 63%。二期作抽穗期全株乾物重爲 29.2g，至成熟期增加 6.0g，使全穗重量增爲 35.2g，葉片與莖稈乾物重減少 10.5g，穗重增加 18.5g。一期作全株乾物重（46.6g）較二期作（35.2g）高出11.4g。TNC 含量變化示於圖 3 ，結果顯示一期作抽穗期全株含有 6.2g 的 TNC，其中93.5%存於營養器官中，隨著穀粒充實，穗部含量增至 19.4g，佔成熟期（20.1g）之96.5%。二期作 TNC 含量變化由抽穗期 4.7g 至成熟期 14.7g，增加量爲 10.0g ，穗部增加 13.5g ，營養器官減少量爲 3.5g，佔抽穗時的90%。一期作 TNC 含量約爲二期作1.4倍。

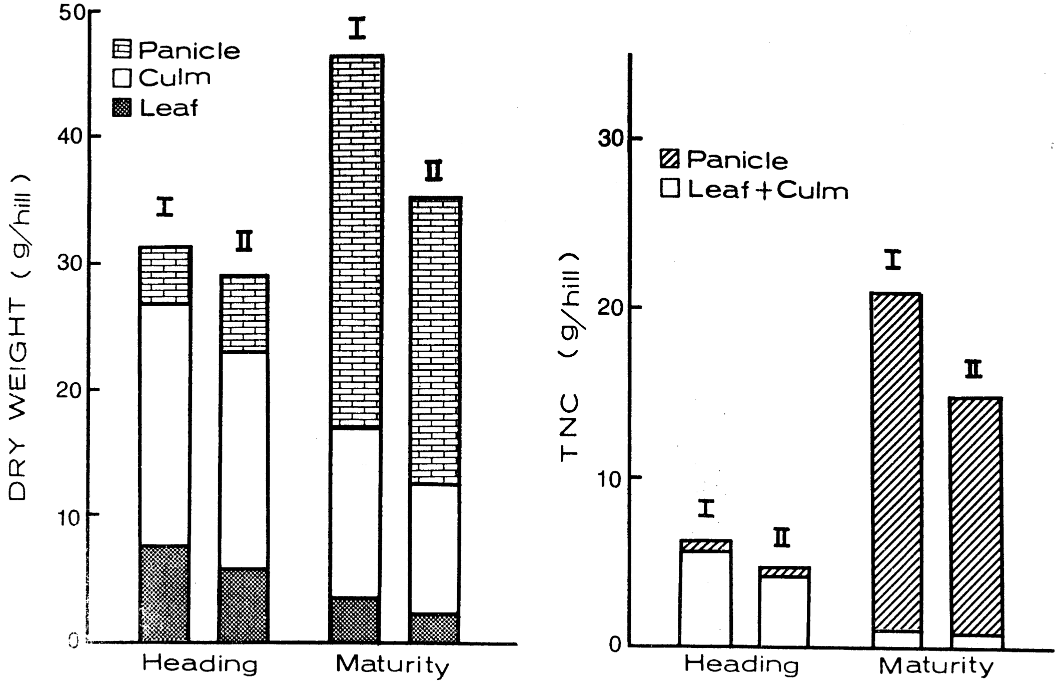


Fig. 3. Changes in dry weight (g/hill) and the amount of total nonstructural carbohydrates (g/hill) from heading to maturity of Tainan No. 5 rice in the first (1982) and second (1981) crop seasons (Taichung experiment).

各品種的葉片氮素濃度示於表 1 ，屏東地區臺農67號一、二期作表現相似，抽穗時葉片氮濃度較高，分別爲2.21%與2.73%，成熟時降低至0.67%及1.54%。臺中地區臺農67號葉片氮濃度，一期作抽穗期爲2.42%，成熟期爲1.06%，二期作則較屏東區爲低，抽穗期爲2.30%，成熟期降爲1.18%。臺中地區臺南 5 號葉片氮濃度表現恰和屏東區臺農67號相反，抽穗期一期作氮濃度較高，爲2.72%，二期作則較低，僅有2.27%，成熟期氮濃度分別爲1.29%與1.39%。

品種間 TNC 濃度變化示於表 2 ，屏東地區臺農67號一期作葉片 TNC 濃度自抽穗期之 6.3% 降至成熟期之1.9%，稈部濃度亦由30.1%，急遽降低爲 3.5%，穗部最初濃度爲 8.9%，成熟期則高達 65.6%。二期作葉片 TNC濃度變化甚微，均在 3 %左右，稈部由抽穗期之16.4%降至成熟期之4.7%，穗部成熟期濃度達66.4%。臺中地區臺農67號葉片 TNC濃度較高，一、二期作抽穗期分別爲5.3%及4.4%，成熟期爲2.8%與3.0%。莖稈 TNC 濃度期作間表現相似，抽穗期爲 25.5%及 20.2%，成熟期降至4.3%與2.6%。穗部成熟期濃度分別爲66.6%與68.1%。臺中區臺南 5 號葉片 TNC 濃度抽

穗期爲3.7% 與 3.1%，成熟期一期作降爲 2.9%，二期作升高至 7.0%。莖稈濃度之降低幅度甚大，自29.7%—22.4%降爲4.7%—3.5%。成熟期穗部 TNC 濃度分別爲66.6%及69.7%。

Table 1. Nitrogen concentration of rice leaf blade at heading and maturity stages (1st crop, 1982 and 2nd crop, 1981)

Crop season	Growth stage	Tainung No. 67		Tainan No. 5
		Pingtung	Taichung	Taichung
First	Heading	2.21±0.18[a]	2.42±0.15	2.72±0.15
	Maturity	0.67±0.03	1.06±0.15	1.29±0.11
Second	Heading	2.73±0.13	2.30±0.20	2.27±0.19
	Maturity	1.54±0.10	1.18±0.02	1.39±0.12

a : mean±S. E.

Table 2. Total nonstructural carbohydrate concentration of rice plant fractions at heading and maturity stages (1st crop, 1982 and 2nd crop, 1981)

Plant fraction	Growth stage	Tainung No. 67 (Pingtung)		Tainung No. 67 (Taichung)		Tainan No. 5 (Taichung)	
		1st crop	2nd crop	1st crop	2nd crop	1st crop	2nd crop
Leaf	Heading	6.3±0.7[a]	3.2±0.5	5.3±0.8	4.4±0.3	3.7±0.5	3.1±0.6
	Maturity	1.9±0.3	3.3±0.5	2.8±0.7	3.0±0.3	2.9±0.5	7.0±0.5
Culm	Heading	30.1±1.7	6.4±1.9	25.5±2.6	20.2±2.6	29.7±2.9	22.4±2.1
	Maturity	3.5±1.3	4.7±3.3	4.3±2.0	2.6±0.2	4.7±1.9	3.5±1.5
Panicle	Heading	8.9±1.1	8.1±2.8	6.0±0.6	10.5±0.8	8.5±1.6	9.9±2.4
	Maturity	5.6±4.7	66.4±2.1	66.6±3.9	68.1±2.5	66.6±2.3	69.7±2.2

a : mean±S. E.

產量構成要素與其他相關性狀，由表 3 可知，屏東區臺農67號一期作穗數高達25.3，臺中區二品種之穗數相近，分別爲16.8與15.2，二期作屏東區臺農67號穗數爲10.2，臺中區臺南 5 號爲11.5。每穗穎花數一期作臺中區臺農67號較高，爲102.8，臺南 5 號爲88.2；屏東區臺農67號爲 94.7。二期作屏東區臺農67號爲107.2，臺中區臺南 5 號爲100.6。結實率一期作在89.7%—83.9%之間，二期作介於 78.5%—72.6% ，千粒重則在區域間差異甚微，介於 22.0g—23.9g 之間。每株水稻穀產量一期作以屏東區臺農67號最高 47.9g ，臺中區之臺農67號及臺南 5 號分別爲 28.8g 與 30.5g，二期作屏東區臺農67號爲 20.0g，臺中區二品種分別爲 19.7g 與 22.5g。收穫指數 (HI) 一期作均在 0.6 以上，二期作爲0.57。氮收穫指數 (harvest nitrogen index) 一期作變異較大，屏東區臺農67號較高爲0.81，臺中區則介於0.70—0.76。二期作則以臺中區臺農67號最高0.76。TNC 收穫指數 (harvest TNC index) 期作間除了臺中區臺南 5 號稍低爲 0.93，其餘均達 0.96以上，穀粒發育過程中，營養器官所含 TNC 可貢獻部份產量，如不考慮呼吸作用的消耗，假設轉移效率 (translocation effi-

ciency) 爲70%，以屛東區臺農 67 號一期作最高 (22.5%) ，二期作最低 (11.6%)；臺中區二品種則介於18.8%—14.9%之間。

Table 3. Yield components and indices of harvest fractions of rice cultivars grown in different loction (1st crop, 1982 and 2nd crop, 1981)

Variety and location	Crop season	Panicle number per hill	Spikelet number per panicle	Seed-setting (%)	1000-grain weight (g)	Grain yield per hill (g)	Harvest index	HNI[a]	HTNCI[b]	Preheading storage contribution[c] (%)
Tainung 67 (Pingtung)	First	25.3±4.3	94.7±10.3	89.7±3.0	22.0±0.7	47.9±7.6	0.61	0.81	0.96	22.5
	Second	10.2±2.1	107.2±15.1	78.5±8.1	23.2±1.3	20.0±5.2	0.57	0.68	0.96	11.6
Tainan 5 (Taichung)	First	16.8±3.1	88.2±14.4	36.2±5.0	22.9±1.1	28.8±5.5	0.62	0.70	0.96	18.8
	Second	11.5±2.0	100.6±18.7	72.6±4.9	23.9±1.2	19.7±3.8	0.56	0.65	0.93	17.9
Tainung 67 (Taichung)	First	15.2±2.2	102.8±18.4	83.9±7.1	23.4±1.4	30.5±6.6	0.64	0.76	0.96	17.8
	Second	—	—	—	—	22.5	0.56	0.76	0.98	14.9

a. Harvest nitrogen index=amount of N in filled grain/amount of N in whole plant.
b. Harvest TNC index=amount of TNC in filled grain/amount of TNC in whole plant.
c. Percent of harvest TNC contributed by TNC stored in vegetative organs before heading, translocation efficiency of 70% was presumed.

討 論

以全省平均而言，屛東地區一期作水稻之產量最高，但期作間之產量差異也最大[5]，本項試驗發現，屛東地區臺農67號水稻一期作抽穗時之乾物重極高，每株平均爲 54.8g，二期作僅爲 27.9g與謝[6]在臺北地區的試驗結果相同，謝[6] 並提出，水稻產量與抽穗時之乾物重可能有正相關關係存在。本省中部爲期作性水稻產量差異較小的地區，而由圖 1 與圖 3 可知，臺農67號與臺南 5 號水稻抽穗時之乾物質生產量也顯示較小的期作間差異 (臺農67號分別爲 35.9g 與 28.8g，臺南 5 號爲 30.4g 與 29.2g) ，亦即抽穗前的光合成能力已對產量表現具有影響。

就抽穗後穀粒發育期間的乾物質生產量進行比較，也發現一期作顯著優於二期作，尤以屛東地區的差別最爲明顯；臺農67號在屛東地區一期作之每株增加量爲 23.3g，二期作爲 7.0g，臺中地區一期作爲 12.1g，二期作爲 11.1g (圖 1) ，而臺南 5 號水稻在臺中地區分別爲 16.2g 與 6.0g (圖 3) 。謝[6] 認爲臺北南港地區二期作產量受抽穗後同化作用低下的影響，本試驗證明在臺中與屛東地區也有相似的結果。

二期作稻抽穗期全株乾重低落主要係受分蘖數較少的影響，由圖 1 、圖 3 與表 3 的資料分析顯示，單一分蘖的乾物重反以二期作爲高，以屛東地區之臺農 67 號爲例，一、二 期作分別爲 2.17g 與 2.74g。但抽穗後的乾物質淨生產能力以二期作偏低，至成熟時每一分蘖平均乾物重分別爲 3.09g 與 3·42g，亦即單一分蘖在穀粒充實期間乾物質增加量則分別爲 0.92g 與 0.68g，與 Wei *et al.*[15] 就單一分蘖進行的研究結果相符合 。在產量比較方面 ，屛東區臺農 67 號兩期作的每一分蘖分別爲 1.89g 與1.96g，即一期作有較高的收穫指數 (表 3) 與乾物質分配效率。Wei *et al.*[15] 指出一期作主稈與早期發生之一次分蘖之單一分蘖產量較二期作爲高，本試驗則係以全株產量估算單一分蘖產量，由於取樣基準有異，可能爲兩項試驗結果具有差異之原因。

水稻之莖稈具有貯存碳水化合物的功能，而其濃度大約在抽穗時達到高峯[16]，Chen *et al.*[8] 報

告臺中與臺北地區一期作水稻抽穗時莖稈內非構造性碳水化合物（TNC）濃度顯著高於二期作，本試驗也有相同的結果（表2）；此外，由於一期作的莖稈乾物重較高（圖1與3），致使莖稈之TNC含量（g/hill）也有明顯的期作性差異（圖2與3）亦即一期作水稻有較多的抽穗前預貯物質（pre-heading storage）可供穀粒發育之需。就抽穗與成熟期營養器官內 TNC 含量之消長而言，一期作爲二期作之1.5—5.5倍，視地區與品種而異，其中以屏東地區之臺農67號最爲明顯，一期作抽穗時營養器官含有 TNC 之量爲 10.6 g/hill，成熟時爲 0.8g，差異爲 9.8g，二期作之差異僅爲 1.8g。抽穗前預貯養份轉移至穗部的效率因環境因子的不同而有差別，Cock and Yoshida[9] 估計爲68—77%，其餘部份則未經轉移或爲呼吸作用所消耗。Liu[4] 曾建議抽穗時莖稈內 TNC 濃度可能影響期作間的產量表現。但本試驗建議，如能就植株之 TNC 含量與轉移效率進行比較，當更具意義。

鄔等[5]與 Wei *et al*[15] 估算抽穗前預貯物質對產量貢獻的百分比，均以二期作爲高，謝[6]之結論則以一期作爲高，本試驗（表3）亦發現臺中與屏東兩個地區水稻產量經由預貯物質而來的百分比（pre-heading storage contribution），一期作爲17.8—22.5%，二期作爲11.6—17.9%，以前者爲高；此項結果與本研究室較早的報告[15]及鄔等[5]報告並不符合，主要原因可能在影響此一表現的因子較預期者更爲複雜。雖然 Yoshida[16]與 Bidinger *et al*[7] 認爲不良環境下預貯物質對產量更具重要性，但由於氮肥用量及日照與氣溫等氣象因子對抽穗前植株中 TNC 之蓄積均有很大的影響，因而年度間與期作間的變化極大[10,13]，此外此項貢獻百分比亦受到貯蓄容積（sink size）與抽穗後同化能力的共同作用[6,15]，以及因葉片與葉鞘萎凋脫落而造成的取樣損失[7]，故計算此一數值與評估其重要性時應有更慎重的考慮。

表3顯示，非構造性碳水化合物收穫指數（HTNCI）極高，均介於0.93至0.98之間，未顯示期作、品種或地區間之差異，亦即成熟稻株內之有效性碳水化合物均集中於穗部。Wei *et al.*[15] 曾提出建議，由於一期作稻之大分蘖在成熟時仍有將近20%之 TNC 存在於營養器官內，因而認爲產量限制因子爲穗部容積。本試驗係以全株材料爲分析單位，並未區分分蘖之大小，但無論如何，成熟時營養器官內所含 TNC 不致超過總量之10%以上，兩項研究差異的確實原因未能明瞭，但可能係受環境與栽培條件的影響[10,13]。

葉片爲全氮濃度與蛋白質濃度最高之營養器官，Chen *et al*[8] 發現抽穗期之葉片氮濃度以二期作爲高，但各項生理活性則較低[2,3]，因此提出氮素組成（composition）較濃度（concentration）爲重要的假設。本項研究的結果（表1）雖然未獲得完全一致的結論，但屏東地區臺農67號葉片氮濃度卻明顯的以一期作爲低（兩期作分別爲2.21%與2.73%），配合一期作極高與二期作極低的產量（表3）表現，仍足以支持 Chen *et al*[8] 的假說。

水稻和豆類作物相同，葉片內的氮素可轉移至穗部，因而導致植株之老化[12]。葉片氮濃度自抽穗後逐漸下降，降低的幅度以一期作較大（表2），又植株的全氮收穫指數（HNI）亦以一期作爲高（表3），顯示有較多的轉流量。Tsai *et al*[14] 認爲玉米籽粒容納含氮化合物總量的多少與產量有相關性，亦即氮生產量（N productivity）與碳水化合物生產量（C productivity）有關，此一假設是否適用於水稻，尚缺足够的試驗資料可爲依據，惟本研究室未發表的試驗結果顯示，大粒水稻品種 Mira 抽穗期的葉片全氮濃度及氮轉流量均超出臺農67號水稻50%以上，而其單一分蘖的產量也有相同的表現，表示就產量生理而言，氮代謝作用與碳代謝作用之間可能互爲影響，值得做進一步的研究。

綜合以上的結果與討論，對水稻品種間、地區間與期作間的產量差異進行生理分析，千粒重的差別不大，每穗穎花數與結實率乘積的期作間比較也相似，亦即穗數爲決定產量的最重要因子。穗數少亦爲導致二期作抽穗時乾物重與 TNC 含量低下的主因，益以穀粒充實期間較低的同化作用能力，造成期作間產量的差別。目前本省水稻生產雖然過剩，但提高單位面積產量仍有必要，今後水稻生理研究工作，針對生育後期的光合能力，以及氮-碳之間的交感作用成爲應該注意的方向。

引用文獻

1. 林安秋・1979・一、二期作水稻羣落光合作用之比較。刊載於「臺灣二期作稻低產原因及其解決方法研討會專集」。（謝順景、劉大江主編），行政院國家科學委員會出版。
2. 林安秋、陳建山・1976・第二期稻作低產原因之研究。 I 、一、二期作水稻之分蘖特性比較。科學發展月刊，4（10）：53—70。
3. 林安秋、蘇新，1976・第二期稻作低產原因之研究。 II 、一、二期作水稻羣落光合作用之比較。科學發展月刊，4（11）：5—21。
4. 劉大江・1979・水稻生育期溫度對碳水化合物累積與轉流之影響。刊載於「臺灣二期作稻低產原因及其解決方法研討會專集」。（謝順景、劉大江主編），行政院國家科學委員會出版。
5. 鄔宏潘、廖雲英、錢美華、林燦隆、陳一心、王銀波、蔡國海、吳來貴、張萬來、林富雄、吳育郎・1975・第二期作低產原因之探討。科學發展月刊，3（10）：5—39。
6. 謝昱暉・1979・一、二期作水稻之生長與光合作用構成因子。刊載於「臺灣二期作稻低產原因及其解決方法研討會專集」。（謝順景、劉大江主編），行政院國家科學委員會出版。
7. Bidinger. F., R. B. Musgrave and R. A. Fisher. 1977. Contribution of stored pre-anthesis assimilate to grain yield in wheat and barley. Nature 270 : 431-433.
8. Chen , C. S., D. D. Huang, M. C. Shen and D. J. Liu. 1980. Carbohydrate N, P, and K status of developing ric (*Oryza. sativa* L.) plants grown in the first and second crop seasons in Taiwan. J. Agri. Res. China 29 : 81-92.
9. Cock. J. and S. Yoshida. 1972. Accumulation of ^{14}C-labelled carbohydrate before flowering and its subsequent redistribution and respiration in the rice plant. Proc. Crop Sci. Soc. Japan 41 : 226-234.
10. Judel, G. K. and K. Mengel. 1982. Effect of shading on nonstructural carbohydrates and their turnover in culms and leaves during the grain-filling period of spring wheat. Crop Sci. 22 : 958-962.
11. Smith, D. 1969. Removing and analyzing total nonstructural carbohydrates from plant tissue. Wis. Agri. Exp. Sta. Rep. #41.
12. Thom, W. O., T. C. Miller and D. H. Bowman. 1981. Floiar fertilization of rice after Midseason. Agron. J. 73 : 411-414.
13. McCraig, T. N. and J. M. Clarke. 1982. Seasonal changes in nonstructural carbohydrate levels of wheat and oats grown in a semiarid environment. Crop Sci. 22 : 963-970.
14. Tsai, C. Y., D. M. Huber and H. L. Warren. 1978. Relationship of the kerel sink for N to maize productivity. Crop Sci. 18 : 399-404.
15. Wei, M. L., M. C. Shen, C. S. Chen and D. J. Liu. 1982 Physiological studies of rice tillers. I. Partition of dry matter, nitrogen and total nonstructural carbohydrates during grain-filling. Proc. Natl. Sci. Counc. ROC (A) 6 (3) : 190-196.
16. Yoshida, S. 1972. Physiological aspects of grain yield. Ann. Rev. Plant Physiol. 23 : 437-464.

Comparison on the Yield and the Production and Distribution of Dry Matter in Rice between Crop Seasons[1]

M. L. Wei and D. J. Liu[2]

Summary

Two rice cultivars, Tainung 67 and Tainan 5, were grown in either Pingtung or Taichung area in the second crop of 1981 and first crop of 1982. Dry weight and contents of total nonstructural carbohydrates (TNC) and total nitrogen (N) in different plant fractions were determined at stages of grain-filling. The purpose of this study was to investigate the causes of yield difference due to location, varietal or seasonal factors.

Dry weight per hill at heading was consistently higher for the first than for the second crop. The difference was most significant for rice grown in Pingtung area. The lower dry weight of the second crop rice was due mainly to the fewer number of tillers per hill. Results showed that on a per tiller basis, the second crop rice possessed higher dry weight. The capability of dry matter production was higher for rice of the first crop season.

Culms of the first crop rice contained 1.5-5.5 times more TNC than those of the second crop rice at heading, a result of higher TNC concentration and dry weight per hill. The production of TNC during grain-filling was superior for the first crop rice. Regardless of crop season or location, the harvest TNC index (HTNCI) ranged between 0.93 to 0.98. In other words, the efficiency of utilizing TNC by the rice was extremely high. The contribution of preheading storage to yield were 17.8-22.5% and 11.6-17.9% for the first and second crops, respectively.

No consistent relationship between N concentration in leaf blade at heading and final grain yield was observed. However, compared to the second crop, the first crop rice in Pingtung had lower leaf blade N but significantly higher yield, indicating the correlation between these two characters was not simple. Harvest N index (HNI) was 0.70-0.81 for the first and 0.65-0.76 for the second crop. The interaction between the translocation of N and TNC from vegetative tissue to the grain was suggested.

Analysis of yield components showed similar 1,000-grain weight and product of spikelet number per panicle by the percentage of ripened grain. The lower yield of the second crop rice was caused by few panicle number and lower contents of dry matter and TNC at heading. The enhancement of photosynthetic capability during grain filling was also of utmost importance in terms of increasing the yield of second rice crops in Taiwan.

1. Contribution No. 1128 from Taiwan Agricultural Research Institute.

2. Respectively, Research Assistant and Senior Agronomist and Head, Department of Agronomy, TARI, Wufeng, Taichung Hsien, Taiwan 431, ROC.

中華農業（Jour. agric. Res. China）32(4)：312～324（1983）

玉米測交與全互交分析[1]

呂宗佳[2]

摘要：本試驗使用7個熱帶型抗露菌病玉米自交系，進行全互交，並各自爲母本與3個分別代表熱帶沿海平原硬粒種、美國溫帶馬齒種及古巴硬粒種的優良自交系檢定親進行測交，以分析自交系組合力，探討高產玉米雜種組合模式，並探討產量與8個農藝性狀間的關係，以供選育高產親本與雜種組合的參考。

測交檢定結果，母本與父本的產量及8個農藝性狀的一般組合力均有極顯著的差異；母本與父本的交感效應，則除株高、穗位高、葉面積及收穫時子粒含水率外，差異均不顯著。大多數的熱帶型自交系與美國溫帶型馬齒種自交系檢定親 Hi 26 的雜種組合獲有較高的產量，顯示溫熱帶兩型種源間存有良好的雜種優勢模式可資利用。

全互交分析結果顯示，雜種的產量及8個農藝性狀之一般組合力亦均有極顯著的差異；但特定組合力僅限於子粒產量及開花期兩性狀。一般組合力均大於特定組合力。抗露菌病自交系 Narino 330 及 SR 52M 在子粒產量及其他農藝性狀上均有很高的一般組合力效應，爲可用於選育高產雜種玉米的優良自交系。

全互交結果亦顯示硬粒種與馬齒種間雜交存有較大的雜種優勢，而馬齒種與馬齒種則以不同來源也可獲有良好的組合。

子粒產量及8個農藝性狀間均有極顯著的正相關，表示雜種的產量與中晚熟性、較大株型、及較大子粒等性狀有密切關係。雜種親本中最早熟的自交系 PH9 ，即因其株形較小，雜種產量亦最低。

本省近年來由於國民生活水準普遍提高，肉類消費增加，促進畜牧事業的蓬勃發展，對飼料玉米需求與日俱增，目前均仰賴大量進口，數量已年達二百六十萬噸，幾佔總消耗額的96%。因此，增產玉米以提高自給率，早爲農政部門所重視。尤以國內稻米消費量逐年降低，以致生產過剩，政府正全力設法將部分稻田轉作玉米，藉以增加玉米生產，同時紓解稻米生產過剩的壓力。

稻田轉作玉米，必需栽培高產品種，農民才有利可圖而樂於接受。爲儘速育成中晚熟高產品種以替代目前的早熟低產品種臺南五號及十一號等，則必需利用外來優良高產種源，選育高產單交品種。

本試驗的目的在於評估引進的7個抗露菌病熱帶型玉米自交系，在育種上的利用價值。分別以全互交分析法分析其本身的組合力；並以測交法，探討此等熱帶型種源與其他主要玉米種源間的最適雜種組合模式。7個抗露菌病自交系除進行全互交外，並與3個分別代表熱帶海岸平原硬粒種（Antiqua-2D）、美國溫帶馬齒種（Hi26）與古巴硬粒種（Hi29）自交系進行測交。試驗結果將供選育高產雜交玉米的參考。

舉世各國雜種玉米發展，均以美國玉米發展史爲借鏡，使用育種材料亦大都來自美國。美國主要玉米產地集中於玉米帶（Corn Belt）各州。玉米帶種源（U. S. Corn Belt Germplasm）係起源

1.臺灣省農業試驗所 研究報告第 1129 號。

2.本所農藝系副研究員。臺灣省 臺中縣 霧峰鄉。

於原美國北方硬粒種（Northern Flint）及南方馬齒種（Southern Dent）之混交選拔[18,21]。1930年代，美國最重要兩個玉米族羣的育成，奠定了此後美國雜種玉米發展的基礎材料。此兩族羣即一屬於硬粒種的 Lancaster Surecrop，及一屬於馬齒種的 Iowa Stiff Stalk Synthetic（簡稱BSSS）。絕大多數美國優良雜交品種的親本均分別出自此兩族羣分離出來的自交系[11]。此二族羣的利用價值已歷經四十餘年而不衰，其所建立的馬齒種與硬粒種間的雜種優勢模式（Dent×Flint Heterosis Pattern）亦廣爲玉米育種家所遵循。

臺灣地處亞熱帶，日照、溫度及病蟲害等環境條件與美國玉米帶等溫帶地區有別，玉米育種工作無法直接以美國玉米帶的種源爲材料。溯自1940年至1950年間，玉米育種家經有系統的收集、分類及檢定，結果發現拉丁美洲玉米種源約有300個小種複合羣（Racial Complexes）[3,13]。其後經 Wellhausen[19,20] 與許多玉米育種家分別在墨西哥及中南美洲首次系統化檢定出適合於熱帶及亞熱帶地區生長的優異小種複合羣，計有四個，它們分別爲：(1) Tuxpeno, (2) Cuban Flint (CF), (3) Coastal Tropical Flint (CTF)，及(4) ETO。其中以 Tuxpeno 爲馬齒種，CF 爲硬粒種，CTF 爲半硬粒種（Semiflint）。CF 及 CTF 兩者合稱爲加勒比海區硬粒種（Caribbean Flint）。ETO 爲加勒比海區馬齒種及硬粒種的混合羣。此四種複合羣均具有很强的抗病性、適應性及高產潛力，彼此間的雜交組合復具有最高的雜種優勢。因此，拉丁美洲各主要玉米生產國，自過去20年來，均廣泛利用此四種小種複合羣爲玉米育種的材料，並建立了所謂加勒比海區硬粒種與馬齒種間的雜種優勢模式（Dent×Flint Caribbean Heterosis Pattern）供玉米育種家參考。美國近年來，鑑於使用玉米帶溫帶型種源過於頻繁，使遺傳變異日漸狹窄，亦倡導引入上述熱帶型優良種源，以改良其溫帶型種源[5]。

本省過去玉米育種工作由於過度强調早熟性，亦造成使用種源的狹隘化，目前仍僅限於使用來自美國玉米帶的自交系及一些來自菲律賓的抗露菌病早熟系統。此等種源，在本省氣候環境下，由於早熟，無法表現優異的雜種優勢。故雖自1960年起已推廣雙雜交品種臺南五號，雜種玉米始終仍無法發揮高產的潛力。

玉米的高產潛力，除與種源間的雜種優勢有密切關係外，雜交種性狀與產量間的相關性亦可供選種的參考。有些育種家亦强調肉眼選拔（Visual Selection）的重要性[1,4,15,16]。有關玉米性狀與產量間的關係研究，詳見於 El-Lakany and Russell[7], Geadleman and Peterson[9] 及 Kuhn and Stucker[14] 等人的報告中。

材料與方法

本試驗使用材料，計有下列10個自交系，茲將其系譜、起源、種源羣屬、及對露菌病的抗性等，列如下表：

No.	Inbreds	Pedigree	Origin	Racial Complexes	Disease Reaction
1	CM 105	Peru 330-#-#329C	Peru/India	CF	DMR
2	Narino 330	Narino 330-#-#-6	Columbia/India	CF	DMR
3	Tuxpeno	Tuxpeno Gpo. 48-Var. 168-1	Mexico	Dent	DMR
4	PH 9	Tiniguib Flint	Philippines	CTF	DMR
5	MIT 11	MIT	Philippines	CTF	DMR
6	SR 52M	SC	Rhodesia	Dent	DMR
7	INV 138	Tropical Composite×Philippines DMR2	Texas A&M, USA	ETO	DMR

(To be continued)

8	Antiqua-2D	Antiqua	Caribbean	CTF	DMS
9	Hi 26	CI·21E	USA	US Dent	DMS
10	Hi 29	CM 111 (India), Cuba 342-2-2-#	Peru/India	CF	DMS

本研究計分兩部分，第一部分以 No. 1至7七個自交系進行全互交，不考慮其反交，計有21個不同的雜交組合；第二部分則將前述7個抗露菌病自交系，以3個分別代表熱帶沿海平原硬粒種（Antiqua-2D）、美國溫帶馬齒種（Hi26）、及古巴硬粒種（Hi29）的自交系檢定親進行測交，亦獲得21個測交組合，兩部分合計42個雜交組合。茲爲便於後裔產量與其他農藝性狀可相互比較起見，乃合併舉行試驗，而分爲兩部分分析其結果。1982年秋在農試所試驗田採逢機完全區集設計，單行區，行長6m ，行株距 80×21 cm ，二重複進行試驗。

生育期間調查各項農藝性狀，包括開花期、吐絲期、株高、穗位高、葉面積、收穫時子粒含水率、脫粒率及百粒重等。成熟收穫計算產量並換算15.5%含水率公頃子粒產量。各項農藝性狀的調查方法爲（1）開花期係指由播種起至小區中50%植株達雄穗始花所需的日數；（2）吐絲期爲由播種起至小區中50%植株雌穗開始吐絲所需的日數；（3）株高爲逢機選取5株由地面至雄穗主軸頂端的平均高度，以公分表示；（4）穗位高爲逢機選取5株由地面至最上位雌穗基部的平均高度，以 cm 表示；（5）葉面積指由逢機選取5株植株頂端下數第八葉片的長度與最寬度的乘積，再乘以0.75及9.39所獲的 cm^2 數值的平均數；（6） 收穫時子粒含水率係指小區鮮重與日晒後乾重的重量差值佔鮮重的百分比；（7）脫粒率爲每小區逢機5果穗脫粒後粒重佔乾果穗重的百分比；（8）百粒重爲5果穗脫粒後逢機取百粒種子的重量，以g表示；（9）子粒產量爲小區29株子粒重量調整爲公頃6萬株的重量，需依據子粒含水率、脫粒率換算爲15.5%含水率的公頃子粒產量，以 kg/ha 表示。

試驗結果的分析則（1）全互交組合力分析採用 Griffing 氏[10]方法4（Method 4），模式1（Model 1）估算各項農藝性狀的一般與特定組合力效應。此外，並計算各項性狀間與各性狀與產量間的外表型相關係數；（2）測交部分應用一般變方分析法分析之。

結　　果

一、測交分析：

試驗結果，各自交系測交種的九個性狀平均數列於表2，變方分析結果列於表1。7個 DMR 自交系的測交檢定結果，9項農藝性狀在21個雜交組合間均有極顯著的差異。進一步分析，在受檢親7個自交系間，不論那一個性狀，均顯示有極顯著的差異；檢定親（Testers）之間則除穗位高之外，亦均有顯著差異。此種差異可代表受檢親（Inbreds tested）與檢定親的一般組合力差異。受檢自交系與檢定親間的交感作用僅在株高、穗位高、面葉積及子粒含水率等4性狀具有差異，餘均無交感效應存在。此種交感效應乃代表受檢親與檢定親間的特定組合力。

依表2，7個受檢的 DMR 自交系子粒產量，順序以 Narino 330, CM105, Tuxpeno, SR52M 及 INV 138 等爲高，惟彼此間差異並不顯著。產量則以自交系 PH9 顯著低劣。檢定親中則以 Hi26 的產量，顯著地較 Antiqua-2D 及 Hi29 爲高。依據產量之高低，凡高產雜種均有開花期、吐絲期較遲，植株、穗位較高及葉面積較大，以及脫粒率與百粒重較大等的趨向。

21個測交種的9項農藝性狀各以其與平均值的差異表示如表3，以顯示其較平均值爲高或低之程度。來自菲律賓的早熟自交系 PH9 及 MIT 11 兩者的所有測交種（F_1）， 9項農藝性狀大都均較其他測交種之平均值爲低，成爲不能發揮高產潛能的原因。測交種中 Narino 330×Hi26, INV 138×Hi26, Tuxpeno×Hi26 及 SR52M×Hi26 等的各項農藝性狀較大，子粒產量亦高。他如 CM105

表1.二十一個測交種產量及農藝性狀變方分析所得均方值

Table 1. Mean squares from the analysis of variance for yield and agronomic characters of the 21 testcross hybrids

Source	df	Days to tasseling	Days to silking	Plant height (cm)	Ear height (cm)	Leaf area per plant (cm²)	Moisture (%)	Shelling rate (%)	100-kernel weight (g)	Grain yield (kg/ha)
Block	1	12.595*	34.381**	1,548.214**	172.024*	2,481,516**	82.320**	0.028	0.000	3,714,883
Hybrid	20	15.067**	36.823**	579.107**	194.695**	924,247**	58.740**	16.466**	30.095**	8,740,025*
Female	(6)	38.167**	85.913**	850.02**	430.429**	1,503,455**	135.953**	32.818**	72.873**	18,853,031**
Male	(2)	22.595**	74.738**	2,118.500**	93.595	2,193,756**	62.889**	20.695*	58.167**	17,259,324*
F×M	(12)	2.262	5.960	187.083**	93.679*	421,558*	19.441**	7.585	4.028	2,263,639
Error	20	2.495	3.381	53.264	29.824	169,947	3.443	5.805	6.300	3,211,203

*, ** significant at the 0.05 and 0.01 probability levels, respectively.

表2.測交分析所獲受檢親與檢定親產量及各項農藝性狀的平均值

Table 2. Means of yield and agronomic characters of the tested inbreds averaged over testers and the testers averaged over tested inbreds in testcross analysis

	Inbreds	Days to tasseling	Days to silking	Plant height (cm)	Ear height (cm)	Leaf area per plant (cm²)	Moisture (%)	Shelling rate (%)	100-kernel weight (g)	Grain yield (kg/ha)
Inbreds tested	CM105	60.3 cd	66.3 b	193.3 b	95.5 c	6,315 ab	33.1 a	80.2 bc	30.3 b	9,763 ab
	Narino 330	62.7 ab	69.2 a	194.7 b	98.7 bc	6,421 ab	30.1 b	81.1 b	28.2 b	10,076 a
	Tuxpeno	63.7 a	71.3 a	194.7 b	103.3 ab	5,696 c	32.5 a	78.3 bc	28.2 b	9,748 ab
	PH9	56.2 e	60.5 d	175.3 c	84.5 d	5,178 d	20.5 d	77.8 c	22.5 c	5,171 c
	MIT11	59.3 d	63.3 c	185.3 b	92.3 c	5,985 bc	24.5 c	77.9 c	28.5 b	7,391 b
	SR52M	62.3 ab	69.3 a	209.2 a	109.0 a	6,673 a	32.6 a	84.3 a	33.7 a	9,447 ab
	INV138	61.3 bc	65.3 bc	208.0 a	105.8 a	6,196 abc	28.6 b	80.7 bc	31.3 ab	8,320 ab
Testers	Antiqua-2D	62.2 a	69.1 a	180.6 c	95.6 b	6,368 a	31.2 a	78.7 b	26.6 b	7,730 b
	Hi26	59.7 b	65.2 b	204.2 a	99.2 ab	6,212 a	28.1 b	81.0 a	30.5 a	9,821 a
	Hi29	60.6 b	65.7 b	198.3 b	100.6 a	5,618 b	27.2 b	80.4 ab	29.7 a	8,127 b

Means in same column followed by same letter were not significantly different at the 0.05 probability level.

表3.二十一個測交種產量與農藝性狀以離均差表示之數值

Table 3. The mean yield and agronomic characters of the 21 testcross hybrids expressed as deviation from population mean*

Testers	Xi	Inbreds tested						
		CM 105	Narino 330	Tuxpeno	PH 9	MIT 11	SR52M	INV138
Antiqua-2D	X 1	2.2	2.2	4.2	− 1.8	− 0.8	3.2	1.2
	X 2	4.5	4.5	9.5	− 3.5	− 2.5	7.5	0.5
	X 3	− 16.4	− 19.4	− 16.4	− 36.4	− 2.4	− 8.4	4.6
	X 4	− 7.5	− 12.5	3.5	− 22.5	2.5	8.5	9.5
	X 5	257.0	1,240.0	363.0	−1,185.0	252.0	625.0	565.0
	X 6	10.4	1.2	8.3	− 4.6	− 4.3	3.0	3.2
	X 7	− 0.3	2.8	− 4.7	− 2.9	− 4.2	1.3	− 1.3
	X 8	− 1.0	− 3.0	− 4.0	− 9.0	− 2.0	3.0	0.0
	X 9	625.0	691.0	765.0	−4,879.0	−2,175.0	− 529.0	− 297.0
Hi26	X 1	− 2.8	1.2	2.2	− 6.8	− 2.8	0.2	1.2
	X 2	− 2.5	2.5	4.5	− 8.5	− 3.5	0.5	− 0.5
	X 3	7.6	20.6	9.6	− 10.4	− 11.4	26.6	27.6
	X 4	− 6.5	11.5	3.5	− 8.5	− 12.5	12.5	6.5
	X 5	92.0	394.0	− 485.0	− 296.0	− 119.0	822.0	618.0
	X 6	− 2.1	0.6	2.7	− 7.1	− 4.1	5.0	0.0
	X 7	0.3	2.1	0.4	− 1.1	0.2	3.9	1.2
	X 8	2.0	3.0	0.0	− 4.0	1.0	5.0	4.0
	X 9	1,415.0	2,826.0	2,218.0	−1,879.0	− 357.0	1,939.0	2,673.0
Hi29	X 1	− 0.8	2.2	2.2	− 4.8	− 0.8	1.2	− 0.8
	X 2	− 1.5	2.5	1.5	− 5.5	− 3.5	1.5	− 2.5
	X 3	6.6	− 0.4	8.6	− 9.4	− 12.4	26.6	9.6
	X 4	5.5	1.5	8.5	− 10.5	− 7.5	11.5	6.5
	X 5	399.0	− 569.0	− 987.0	−1,184.0	− 376.0	376.0	− 793.0
	X 6	4.6	2.3	0.2	− 13.3	− 4.4	3.3	− 3.7
	X 7	0.7	− 1.7	− 0.8	− 2.8	− 2.4	2.9	2.2
	X 8	3.0	− 2.0	2.0	− 6.0	0.0	6.0	3.0
	X 9	1,574.0	1,033.0	584.0	−3,405.0	− 970.0	1,255.0	1,436.0

* $\bar{X}1$ (Days to tasseling) =60.8 days
$\bar{X}2$ (Days to silking) =66.5 days
$\bar{X}3$ (Plant height) =194.4 cm
$\bar{X}4$ (Ear height) =98.5 cm
$\bar{X}5$ (Leaf area/plant) =6,066 cm^2
$\bar{X}6$ (Moisture) =23.8%
$\bar{X}7$ (Shelling rate) =80%
$\bar{X}8$ (100-kernel weight) =29g
$\bar{X}9$ (Grain yield) =8,559 kg/ha

×Hi26, CM105×Hi29 及 SR52M×Hi29 等則具有較大的葉面積及百粒重； INV138×Hi29 則具有較大的植株，亦均有高產的潛力。就受檢的 7 個 DMR 自交系而言，以與檢定親 Hi26 的雜交組合產量爲高，顯示 Hi26 具有較佳的一般組合力。就 7 個自交系比較則以 Narino 330, CM105, Tuxpeno 及 SR52M 較佳。

二、全互交分析：

7 個 DMR 自交系的全互交分析結果，示如表 4 。9 項農藝性狀在21個全互交 F_1 雜種間均有極顯著的差異；而一般組合力 (GCA) 亦均有極顯著的差異；特定組合力 (SCA) 則僅在開花期及子粒產量兩性狀有極顯著的差異。 GCA 均方與 SCA 均方的比值，分別爲開花期 3.22，吐絲期11.44，株高31.22，穗位高35.93，葉面積11.45，子粒含水率15.90，脫粒率 7.79，百粒重3.77及子粒產量8.53，顯示一般組合力均方成分遠較特定組合力均方成分爲大，亦即各項農藝性狀的累加性遺傳變方遠較非累加性變方爲大。故本試驗所用的各自交系之優劣，可以其一般組合力評估之。

表4.二十一個全互交雜種產量及農藝性狀變方分析所得均方值

Table 4. Mean squares from the analysis of variance for yield and agronomic characters of 21 diallel-cross hybrids

Source	df	Days to tasseling	Days to silking	Plant height (cm)	Ear height (cm)	Leaf area per plant (cm^2)	Moisture (%)	Shelling rate (%)	100-kernel weight (g)	Grain yield (kg/ha)
Block	1	6.10	50.38**	337.17	4.67	422,403.43	18.40	20.51*	8.60	1,177,022.88
Hybrid	20	10.52**	18.75**	541.41**	386.49**	1,830,231.00**	68.92**	9.96*	24.13**	9,301,100.50**
GCA	(6)	20.32**	51.92**	1,679.19**	1,209.72*	5,020,571.30**	200.32**	25.55**	49.68**	24341,716.56**
SCA	(14)	6.32**	4.54	53.79	*33.67	450,085.24	12.60	3.28	13.18	2,855,122.00**
GCA/SCA		3.22	11.44	31.22	35.93	11.15	15.90	7.79	3.77	8.53

*, ** Significant at the 0.05 and 0.01 probability levels, respectively.

21個全互交F_1雜種的 9 項農藝性狀，各以其與平均值的差異表示如表 5 。正值表示高於平均值而負值則反是。子粒產量以 Narino 330×INV 138 爲最高，屬於 CF×ETO 之組合 ， 其餘依次爲 Narino 330×SR52M (屬CF×Dent), Narino 330×MIT11 (屬CF×CTF), Tuxpeno×SR52M (屬Tropical Dent×Tropical Dent), MIT 11×SR52M (屬CTF×Tropical Dent), CM 105×Narino 330 (屬CF×CF) 及 CM 105×MIT 11 (屬CF×CTF) 等。而菲律賓 CTF 種源的早熟種自交系 PH9 的產量及各項農藝性狀均較平均值爲低。

各自交系的產量潛力，參考表 6 所示一般組合力效應，顯示 PH9 各項農藝性狀的一般組合力效應均呈負值，其雜種產量潛力最低；次爲 Tuxpeno ，可能係由於葉面積及脫粒率以及百粒重均爲負值所影響； INV 138亦可能係由於葉面積及百粒重呈負值而減低其產量潛力。 CM 105 及 MIT11 兩者的雜種產量潛力亦不高，可能導因於多項農藝性狀一般組合力效應均呈負值。 F_1 雜種具有高產潛力的自交系 Narino 330 及 SR52M 兩者各項農藝性狀的一般組合力效應均呈正值，兩者比較，以 Narino 330 的成熟較早而植株較低，爲較理想之親本。

表5.二十一個全互交雜種產量及農藝性狀以離均差表示之數值

Table 5. The mean yield and agronomic characters of the 21 diallel-cross hybrids expressed as deviation from population mean*.

Inbreds	Xi	Inbreds					
		Narino 330	Tuxpeno	PH 9	MIT 11	SR 52M	INV 138
CM 105	X 1	0.8	2.8	− 4.2	− 0.2	1.8	− 2.2
	X 2	0.1	2.6	− 4.9	− 1.4	4.1	− 1.9
	X 3	− 13.6	− 6.6	− 41.6	− 0.6	− 1.1	2.4
	X 4	− 5.1	− 2.6	− 37.6	− 3.6	− 2.6	− 2.1
	X 5	325.0	− 554.0	−1,150.0	459.0	1,227.0	− 560.0
	X 6	7.7	7.5	− 11.2	− 1.9	4.5	4.4
	X 7	1.6	− 2.1	− 1.0	− 2.1	1.3	0.1
	X 8	2.6	− 1.4	− 2.9	2.6	− 2.4	0.6
	X 9	1,714.0	−1,062.0	−2,589.0	1,726.0	964.0	− 471.0
Narino 330	X 1		1.8	− 5.2	1.8	0.8	2.8
	X 2		2.6	− 3.9	− 1.9	2.6	0.1
	X 3		7.9	− 14.1	0.9	21.9	9.9
	X 4		11.4	− 10.6	6.4	14.4	11.9
	X 5		− 295.0	− 811.0	87.0	2,306.0	1,230.0
	X 6		5.3	− 4.2	− 3.3	5.7	0.7
	X 7		− 1.0	− 1.0	− 1.7	2.9	− 0.3
	X 8		− 0.9	− 4.9	0.6	4.6	0.6
	X 9		855.0	−2,594.0	2,134.0	2,805.0	3,581.0
Tuxpeno	X 1			0.8	0.8	0.8	− 0.2
	X 2			1.1	1.1	2.6	3.6
	X 3			− 22.6	4.4	22.9	16.9
	X 4			− 19.1	3.9	15.4	18.9
	X 5			−1,412.0	− 821.0	241.0	− 956.0
	X 6			− 3.8	3.4	5.0	4.2
	X 7			0.3	− 4.1	1.3	0.7
	X 8			− 3.4	− 0.4	5.6	− 2.4
	X 9			−2,475.0	− 885.0	2,061.0	−1,427.0
PH 9	X 1				− 4.2	0.8	− 2.2
	X 2				− 5.9	2.1	− 4.9
	X 3				− 15.6	− 4.6	− 12.1
	X 4				− 16.1	− 6.6	− 9.1
	X 5				−1,228.0	1,116.0	− 756.0
	X 6				− 7.7	− 7.9	− 10.6
	X 7				− 4.4	3.0	0.0
	X 8				− 6.4	4.6	− 4.4
	X 9				−4,606.0	252.0	−2,572.0
MIT 11	X 1					0.8	− 0.2
	X 2					− 0.4	− 1.9
	X 3					17.9	5.9
	X 4					13.9	5.4
	X 5					733.0	− 223.0
	X 6					− 1.4	− 1.2
	X 7					2.9	0.3
	X 8					3.6	− 0.4
	X 9					2,015.0	255.0

(To be continued)

SR52M	X 1						1.8
	X 2						3.6
	X 3						22.4
	X 4						13.4
	X 5						541.0
	X 6						3.8
	X 7						4.1
	X 8						4.6
	X 9						319.0

*$\bar{X}1$ (Days to tasseling) =62.2 days $\bar{X}2$ (Days to silking) =67.9 days $\bar{X}3$ (Plant height) =187.6cm
$\bar{X}4$ (Ear height) =96.1 cm $\bar{X}5$ (Leaf area/plant) =5,400 cm² $\bar{X}6$ (Moisture) =28.1%
$\bar{X}7$ (Shelling rate) =81% $\bar{X}8$ (100-kernel wt.) =30.4g $\bar{X}9$ (Grain yield) =8,683 kg/ha

表6.七個自交系全互交分析所獲產量及農藝性狀之一般組合力效應

Table 6. The GCA effects for yield and agronomic characters of the inbreds in diallel-cross analysis

Inbreds	Days to tasseling	Days to silking	Plant height (cm)	Ear height (cm)	Leaf area per plant (cm²)	Moisture (%)	Shelling rate (%)	100-kernel weight (g)	Grain yield (kg/ha)
CM 105	− 0.23	− 0.23	− 12.27	− 10.71	− 50.56	2.26	− 0.49	− 0.19	56.33
Narino 330	0.57	− 0.03	2.53	5.69	568.44	2.43	0.06	0.51	1,699.03
Tuxpeno	1.37	2.77	4.53	5.59	− 759.26	4.34	− 1.02	− 0.59	− 586.47
PH 9	− 2.83	− 3.23	− 22.17	− 19.81	− 748.06	− 8.99	− 0.67	− 3.49	− 2,916.97
MIT 11	− 0.23	− 2.03	2.53	1.99	− 98.56	− 2.34	− 1.86	− 0.09	127.83
SR52M	1.37	2.97	15.83	9.59	1,232.84	1.99	3.04	4.11	1,683.23
INV138	− 0.03	− 0.23	9.03	7.69	− 144.86	0.30	0.95	− 0.29	− 62.97
S.E. $(\hat{g}_i-\hat{g}_j)$	0.78	1.11	6.68	6.13	312.75	1.72	1.17	1.68	238.96

就各雜交組合個別估計之特定組合力效應（表7）觀之，許多組合有極明顯的優異表現。開花期以 CM 105×Tuxpeno, Narino 330 ×INV 138, Tuxpeno×PH9 及 PH9×SR52M 等組合都有延遲的趨勢，而CM 105×IVN 138, Narino 330×PH9 及 Tuxpeno×SR52M 等則均有趨早的特性。吐絲期亦有 PH9×SR52M 延緩而 Tuxpeno×SR52M 趨早的特性。株高及穗位高之特定組合力效應無特殊之例；而葉面積則以 Narino330×INV138 及 PH9×SR52M 有趨大的特性，反之 Narino 330×PH9 有變小的特性。收穫時子粒含水率有 CM 105×PH9 及 Narino 330×MIT 11 降低而 PH9×MIT 11 升高的特性。脫粒率的特定組合力效應則無特殊優異的組合。百粒重以 PH9 ×SR52M 變大而 CM 105 ×SR52M 有變小的特性。子粒產量的特定組合力效應，以 Narino 330 ×INV 138, CM 105×MIT 11, PH9×SR52M, Tuxpeno ×PH9 及 Tuxpeno×SR52M 有增產的特性，而 CM 105×Tuxpeno, CM 105×SR52M, Narino 330×PH9, Narino 330×SR52M, Tuxpeno×INV 138, PH9×MIT 11 及 SR52M×INV 138 ，則均有降低的特性。

表7.二十一個全互交雜種產量及農藝性狀的特定組合力效應

Table 7. The SCA effects for yield and agronomic characters of 21 diallel-cross hybrids

Inbreds	Xi	Inbreds					
		Narino 330	Tuxpeno	PH 9	MIT 11	SR52M	INV 138
CM 105	X 1	0.47	1.67	-1.13	0.27	0.67	-1.93
	X 2	0.40	0.10	-1.40	0.90	1.40	-1.40
	X 3	-3.90	1.10	-7.20	9.10	-4.70	5.60
	X 4	-0.07	2.53	-7.07	5.13	-1.47	0.93
	X 5	-193.10	256.10	-351.10	608.40	45.00	-364.80
	X 6	3.05	0.94	-4.38	-1.78	0.29	1.88
	X 7	1.96	-0.59	0.13	0.18	-1.29	-0.37
	X 8	2.27	-0.63	0.77	2.87	-6.33	1.07
	X 9	-41.10	-531.60	271.40	1,542.10	-775.80	-464.60
Narino 330	X 1		-0.13	-2.93	1.47	-1.13	2.90
	X 2		-0.10	-0.60	0.20	-0.30	0.40
	X 3		0.80	5.50	-4.20	3.50	-1.70
	X 4		0.13	3.53	-1.27	-0.87	-1.47
	X 5		-104.40	-631.10	-382.60	505.00	807.20
	X 6		-1.48	2.45	-3.35	1.32	-1.99
	X 7		-0.07	-0.44	0.11	-0.24	-1.30
	X 8		-0.83	-1.93	0.17	-0.03	0.37
	X 9		-257.30	-1,376.30	307.40	-577.50	1,945.20
Tuxpeno	X 1			2.27	-0.33	-1.93	-1.53
	X 2			1.60	0.40	-3.19	1.10
	X 3			-5.00	-2.70	2.50	3.30
	X 4			-4.87	-3.67	0.23	5.63
	X 5			95.60	37.10	-232.30	-52.10
	X 6			0.89	1.44	-1.34	-0.45
	X 7			1.97	-1.24	-0.76	0.71
	X 8			0.67	0.27	2.06	-1.53
	X 9			1,028.70	-426.60	964.50	-777.30
PH 9	X 1				-1.13	2.27	0.67
	X 2				-0.60	2.40	-1.40
	X 3				4.00	1.70	1.00
	X 4				1.73	3.63	3.03
	X 5				118.40	631.00	137.20
	X 6				3.72	-0.81	-1.87
	X 7				-1.93	0.58	-0.30
	X 8				-2.83	3.97	-0.63
	X 9				-1,817.10	1,486.00	407.70
MIT 11	X 1					-0.33	0.07
	X 2					-1.30	0.40
	X 3					-0.50	-5.70
	X 4					2.33	-4.27
	X 5					-401.50	20.20
	X 6					-0.96	0.93
	X 7					1.67	1.22
	X 8					-0.43	-0.03
	X 9					204.20	190.40
SR52M	X 1						0.47
	X 2						0.90
	X 3						-2.50
	X 4						-3.87
	X 5						-546.70
	X 6						1.50
	X 7						0.05
	X 8						0.77
	X 9						-1,301.00

(To be continued)

S.E.($\hat{S}_{ij}$-$\hat{S}_{ik}$)	X 1	X 2	X 3	X 4	X 5	X 6	X 7	X 8	X 9	Limitations
	1.55	2.22	13.35	12.26	625.49	3.44	2.35	3.36	477.92	i≠j, k ; j≠k

X1=Days to tasseling X2=Days to silking X3=Plant height X4=Ear height X5=Leaf area per plant

X6=Moisture % X7=Shelling rate X8=100-kernel weight X9=Grain yield (kg/ha)

依上述全互交組合力分析結果，以自交系 Narino 330 及 SR52M 爲具有最高之一般組合力效應；而雜交組合 Narino 330×INV 138 則具有子粒產量高而正值的特定組合力效應，爲本試驗中極佳高產親本及組合。

三、農藝性狀間的相關係數

測交與全互交兩組分析所獲各項農藝性狀間的相關係數均爲正值，詳如表 8 。子粒產量與開花期，吐絲期、株高、穗位高、葉面積、收穫時子粒含水率、脫粒率及百粒重等性狀間均有顯著的正相關。其中以株高、穗位高、葉面積、收穫時子粒含水率及百粒重 5 項性狀在兩組分析中與子粒產量均有極顯著的正相關。

除各性狀與產量間的相關外，8 個農藝性狀彼此間相關係數在測交與全互交兩組分析中，均達極顯著水準的尙有開花期對吐絲期及收穫時子粒含水率；及吐絲期對子粒含水率等，顯示較晚開花及吐絲者，子粒成熟期也較遲，因收穫時子粒含水率可表示其成熟之早遲 (17) 。此外有株高對穗位高及百粒重；及穗位高對百粒重，顯示植株高大者，往往有較重的子粒。脫粒率及百粒重也有極顯著的正相關，表示子粒重者脫粒率亦高。

表8. 測交及全互交雜種子粒產量及各項農藝性狀間的相關係數

Table 8. Correlation coefficients among grain yield and agronomic characters of the test- and diallel-cross hybrids

Character	Cross	Days to tasseling	Days to silking	Plant height (cm)	Ear height (cm)	Leaf area per plant (cm²)	Moisture (%)	Shelling rate (%)	100-kernel weight (g)
Days to silking	Test	.926**							
	Diallel	.765**							
Plant height	Test	.190	.033						
	Diallel	.417**	.375*						
Ear height	Test	.523*	.395	.811**					
	Diallel	.497**	.461**	.938**					
Leaf area per plant	Test	.422	.446*	.286	.372				
	Diallel	.419**	.334*	.529**	.489**				
Moisture	Test	.796**	.789**	.202	.469*	.576**			
	Diallel	.609**	.686**	.472**	.521**	.251			

(To be continued)

Shelling rate	Test	.171	.133	.623**	.423	.417	.271		
	Diallel	.264	.312*	.285	.201	.360*	.130		
100-kernel weight	Test	.312	.181	.834**	.752**	.450*	.380	.732**	
	Diallel	.407**	.327*	.540**	.475**	.544**	.300	.503**	
Grain yield (kg/ha)	Test	.541*	.500*	.639**	.564**	.592**	.648**	.454*	.637**
	Diallel	.619**	.391*	.598**	.612**	.741**	.429**	.404**	.718**

*, ** significant at the .05 and .01 probability levels, respectively.

討　論

本試驗使用10個玉米自交系，均爲外來優良種源 (Exotic germplasm) ，其中以 CM 105, Narino 330, Tuxpeno, PH9, MIT 11, SR52M 及 INV 138 等 7 個爲屬於熱帶型的 DMR (抗露菌病) 自交系；檢定親 Antiqua-2D, Hi26 及 Hi29 等 3 個爲 DMS (感露菌病) 自交系，但分別代表熱帶沿海平原硬粒種、美國溫帶馬齒種及古巴硬粒種等高產玉米種源。以 3 個檢定親測交檢定 7 個 DMR 自交系，爲求證熱帶及溫帶不同型種源間的特有雜種優勢模式 (Heterosis pattern) ；7 個 DMR 自交系進行全互交組合力分析，則用於探討自交系本身的優劣。 由於 DMR 有顯性[6]及部分顯性的因子作用[2] ，故無論測交或全互交分析，所獲的高產雜種組合，均具有抗病性，有實際利用的價值。

本試驗結果顯示，所用的 7 個抗露菌病自交系，及 3 個代表不同型的檢定親自交系，分別以測交及全互交加以分析，雖然所用方法不同，但均顯示一般組合力較爲重要 ，與 Gardner[8] 的結論相同，即在不同種源間， GCA 均較 SCA 爲大。

在測交分析中，7 個自交系產量的一般組合力 (表 2) ，以Narino 330, CM 105 與 Tuxpeno 較佳； SR52 M 與 INV 138 亦有良好表現，不過與 Antiqua-2D 的交配組合成績稍差 (表 3) ；惟 5 個自交系彼此間的差異均不顯著。但在全互交分析中 (表 6) ，則自交系一般組合力效應的差異即顯著地分出，以 Narino 330 及 SR52M 爲最佳 ， CM 105 及 MIT 11 次之，其餘依次爲 INV 138, Tuxpeno 及 PH9 。 故自交系產量一般組合力的檢定，在本試驗中，仍以全互交法的檢定效果較測交法爲優。一般而言，兩者的結果仍頗符合，其中尤以 Narino 330 與 SR52M 兩自交系的表現爲優異，可用作高產親本 (自交系) ，生產高產單交之用。由此一結果顯示，並非一定由硬粒種與馬齒種什交，始能獲得高產單交種；即使同一類型的玉米，如果來源不同也可能獲得高產單交，如SR52M×Tuxpeno 是。

在測交中所用的三個檢定親，則 Hi26 與 7 個受檢親自交系的單交，其產量均極優異，具有高產潛力。顯示此一溫帶型馬齒種與熱帶型各種源間，不論硬粒種或馬齒種，均能產生極高的雜種優勢，與 Wellhausen[19,20] 的結果相符。本省將來對選育高產玉米，似應遵循此一方向。

產量與農藝性狀間的關係，不論測交或全互交的結果，均顯示高產與晚熟，即開花與吐絲期較晚，較高的植株及穗位，較大葉面積，以及百粒重及脫粒率等間有密切關係。 Hanway[12] 曾指出玉米植株乾物重，因土壤肥力影響而增加時，各部位器官均以相同比例增加，因此欲獲高產玉米品種，必需考慮植株高度，葉面積、子粒重，而這些性狀復受成熟期早晚影響。 Troyer 與 Hallauer[17] 曾表示，早熟而株型小者，都有低產趨向，故本省選育高產玉米時，祇要在不影響耕作制度的情況下，宜在農藝性狀方面，考慮較晚熟，植株較高，葉面積及子粒較大等特性。

Literature cited

1. Bauman, L. F. 1977. Improvement of established maize inbreds. Maydica 22 : 213-222.
2. Bockholt, A. J., R. A. Frederiksen 1972. Breeding corn for resistance to sorghum downy mildew (*Sclerospora Sorqhi*, Kulk, Weston and Uppal). Agron. Abstr. 64 : 3.
3. Brown, W. L. 1960. Races of maize in the west Indies. Nat. Acad. Sci., Nat. Res. Coun., No. 792.
4. Brown, W. L. 1967. Results of nonselective inbreeding in maize. Der Zuchter Genetics and Breeding Research 37 : 155-159.
5. Brown, W. L. 1975. Broader germplasm base in corn and sorghum. Proc. Annu. Corn Sorghum Res. Conf. 30 : 81-89.
6. Chang, S. C., C. P. cheng 1968. Inheritance of resistance to *Sclerospora sacchari* Miyake in corn. Proc. Inter-Asian Corn Improvement Workshop 5 : 105-109.
7. El-Lakany, M. A., W. A. Russell 1971. Relationship of maize characters with yield in testcrosses of inbreds at different plant densities. Crop Sci. 11 : 698-701.
8. Gardner, C. O. 1963. Estimates of genetic parameters in cross-fertilizing plants and their implications in plant breeding. US. NRC-NAS Pub. 982.
9. Geadelmann, J. L., R. H. Peterson 1976. Effects of yield components selection on the general combining ability of maize inbred lines. Crop Sci. 16 : 807-811.
10. Griffing, B. 1956, Concept of general and specific combining ability in relation to diallel crossing systems. Australian Jour. Biol. Sci. 9 : 463-493.
11. Hallauer, A. R., D. Malithano 1976. Evaluation of maize varieties for their potential as breeding populations. Euphytica 25 : 117-127 .
12. Hanway, J. J. 1962. Corn growth and composition in relation to soil fertility. : I. Growth of different plant parts and relation between leaf weight and grain yield. Agron. J. 54 : 145-148.
13. Hatheway, W. H. 1957. Races of maize in Cuba. Nat. Acad. Sci., Nat. Res. Coun., No. 453.
14. Kuhn, W. E., R. E. Stucker 1976. Effect of increasing morphological yield component expression on corn single cross yields. Crop Sci. 16 : 270-274.
15. Osler, R. D., E. J. Wellhausen, G. Palacios 1958. Effect of visual selection during inbreeding upon combining ability in corn. Agron. J. 50 : 45-48.
16. Russell, W. A., A. H. Teich 1967. Selection in *Zea meys* L. by inbred line appearance and test cross performance in low and high plant densities. Iowa Agr. Home Econ. Exp. Sta. Res. Bull. 522 : 28p.
17. Troyer, A. F., A. R. Hallauer 1968. Analysis of a diallel set of early flint varieties of maize. Crop Sci. 8 : 581—584.
18. Wellhausen, E. J., L. M. Roberts, X. E. Hernandez, in collaboration with P. C. Mangelsdorf. 1952. Races of maize in Mexico. Cambridge, Mass. : The Bussey Institution, Harvard Univ. pp. 1-223.
19. Wellhausen, E. J. 1965. Exotic germplasm for improvement of Corn Belt maize. Proc, 20th Annu. Hybrid Corn Ind., Res. Conf., pp. 31-45.
20. Wellhausen, E. J. 1978. Recent developments in maize breeding in the tropics. In Maize Breeding and Genetics, D. B. Walden, ed., pp. 59-84. Wiley, New York.
21. Zuber, M. S. 1975. Corn germplasm base in the United States : Is it narrowing, widening, or static ? Proc. Annu. Corn Sorghum Res. Conf. 30 : 277-286,

Analysis of Testcross and Diallel Sets of DMR Maize Inbreds [1]

Tzong-chia Lee[2]

Summary

Seven DMR maize inbreds were analyzed in a diallel set, and also crossed as maternal parents to three elite inbred testers to estimate combining ability, heterosis pattern, and the correlation among yield and eight other traits for rapid use of high yield exotic germplasm.

Testrcoss analysis indicated that general combining ability was highly significant for yield and eight other traits in maternal and in paternal groups. Maternal × Paternal interaction was nonsignificant except for plant and ear heights, leaf area and grain moisture content at harvest. Most of the DMR inbreds tested had the best yielding in hybrid combinations with tester Hi26, representing a heterosis pattern of Tropical × Temperate germplasms.

Diallel-cross analysis indicated that general combining ability was also highly significant for yield and eight other traits among 7 inbreds, but specific combining ability was only for yield and days to tasseling. GCA was more significant than SCA in these diverse germplasms. DMR inbreds Narino 330 and SR52M had significantly high GCA effects in yield and other traits, and were the best inbreds for rapid development of high yielding hybrids.

Correlation coefficients among yield and eight other traits were all positive and highly significant, indicating that high yielding hybrids were always associated with medium to late maturity, taller plants, and greater kernel-sink capacity. The early maturing inbred PH9 was found to be the lowest in plant height and also in average grain yield performance.

---

1. Contribution No. 1129 from the Taiwan Agricultural Research Institute.

2. Agronomist, Department of Agronomy, TARI, Wufeng, Taichung Hsien, Taiwan, 431, R. O. C.

中華農業研究（Jour. agric. Res. China）32(4)：325～335（1983）

甘藷塊根粗澱粉率變異之研究[1]

李　良　　廖嘉信[2]

摘要：本試驗爲研究甘藷品種間塊根粗澱粉率之變域，以及氣候、土壤、期作及生長期等因子對塊根粗澱粉率之影響，以爲甘藷高澱粉品種育種及生產技術改進之參考。

測定生長在同一環境條件下之292個秋作甘藷品種塊根粗澱粉率，其變域自7%～22.2%，大多數品種塊根粗澱粉率在13.5%～14.5%，表示甘藷塊根粗澱粉率因品種不同而有很大之差異存在。

依品種來源之不同，其塊根粗澱粉率之變域，在126個在來種中爲7%～19.9%，平均爲14.2%；在66個改良種中爲8.1%～18.7%，平均爲12.3%，在100個引進種中爲7.9%～22.2%，平均爲15.4%，其變域及平均值，均以引進種爲較大，改良種及在來種較小。各品種依塊根肉色之差異進行比較，其塊根粗澱粉率之變域及平均值，以肉色不爲橙紅色者較大，而橙紅色者較小，可知利用引進品種與塊根肉色不爲橙紅色之品種爲親本，其後代選育具高澱粉之甘藷品種，將可得到較有利的效果。

根據分析結果，不同地點及年份對塊根粗澱粉率的影響極爲顯著，地點間平均粗澱粉率之變域爲13.1%～15.9%，年份間變域爲17.1%～18.5%，地點與品系及年份與品系交感作用亦均爲極顯著，表示不同品系在不同地點或不同年份間粗澱粉率之相對表現均有極顯著的差異。

不同期作間塊根粗澱粉率之變域爲9.8%～14.9%，秋作及裡作比春作及夏作有明顯的增加，而同期作不同生長期塊根粗澱粉率之差異，以180天或150天採收者顯著比120天採收者增加。

塊根粗澱粉率隨貯存日數之增加而有明顯的降低，貯存期間（自0～40天）之變域爲14.8%～16.4%，採收後貯存40天者較採收當日及採收後貯放20天者有顯著之減低，採收當日與採收後貯放20天間之差異則不顯著。

甘藷塊根粗澱粉率與塊根乾物率之間有極密切直線迴歸關係存在，其直線迴歸方程式爲：$\hat{Y}=-5.7005+0.6257x$，$\hat{Y}$ 爲塊根粗澱粉率，x 爲塊根乾物率，而兩者之相關係數（r＝0.926**）爲極顯著，表示由甘藷塊根乾物率可能估算得塊根粗澱粉率。

塊根重量與粗澱粉率間之相關爲不顯著之負值，r＝－0.336，故大、中、小三類塊根與粗澱粉率之間無顯著差異。

甘藷塊根粗澱粉含量之高低，除品種之差異外，環境因素如地區、氣候、栽培期作及生育期等因子，均能影響其變異，由於其影響作用複雜，欲期提高甘藷澱粉含量，必須從育種及栽培兩方面著手，加强研究甘藷澱粉含量之遺傳傾向，並徹底明瞭甘藷澱粉含量及品質與環境因素的關係。有關甘藷品種間澱粉含量之差異及環境因素對甘藷澱粉含量影響之程度等，目前可供參考之資料不多，故亟應

1.臺灣省農業試驗所　研究報告第 1130 號。

2.本所研究員兼嘉義農業試驗分所長及農藝系助理研究員。臺灣省　嘉義市。

進行深入研究。據 Barham 氏（1943)（4）研究不同因子對甘藷塊根澱粉含量之影響其結果顯示，甘藷品種間澱粉含量之差異極爲顯著，且正常收穫之塊根澱粉含量（16.57%），較早收者（15.21%）爲高，塊根採收後放置在 26.7～30.2°C 下貯存10～14天，其澱粉含量有減低之情形，李頁（1959）（2）測定39個來源不同甘藷品種之塊根粗澱粉率，其變域自 7.3%～21.9%，表示甘藷品種間塊根粗澱粉率有相當大之差異，亞洲蔬菜研究發展中心（1975）（6）分析 228 個甘藷品種（系），其塊根乾物澱粉含量之變域約在30%～80%，指出甘藷塊根乾物澱粉含量因品種不同而有很大之差異。Anderson 氏（1936）（4）報導，肥料對甘藷塊根澱粉含量之影響爲不明顯，但不同土壤種類對塊根澱粉含量有影響作用。Samuels 氏（1967）（14）謂，不同 N：K 或 P：N 肥料施用比率對塊根澱粉含量無顯著差異。磯永吉氏（1948）（1）報導：甘藷塊根澱粉製造率隨貯存日數增加而遞減，若貯存日數爲 0、15、30、45及60天時，白和蘭品種之澱粉製造率分別爲8.99%、8.69%、8.33%、9.79% 及 5.9%。而生育日數與澱粉之製造率，因品種不同而有差異，通常生育至某一階段後達最高，以後則澱粉含量漸減，如白和蘭品種，生育日數爲120、150、180、210、240及 255 天，其澱粉製造率分別爲 5.2%、7.4%、9.1%、9.4%、9.1%及8.1%。據 Sistrunk 氏（1977）（15）之研究結果，甘藷塊根澱粉含量有隨貯存時期（自 0～10天之間）而顯著減低的趨勢。兩種烹調方法中，以烘烤較蒸煮對塊根澱粉含量有顯著減低的作用。在溫度 2°C 貯存 10 天，蒸煮者塊根澱粉含量無顯著差異，而烘烤者之差異爲顯著，但在溫度 24°C 貯存 10天，蒸煮及烘烤兩種方法均可使澱粉含量產生顯著之變化。李氏（1957）（2）指出，甘藷塊根在室溫下貯存，其粗澱粉率隨貯存時間增加而遞減，如秋植甘藷臺農57號，自收穫後貯存20天，其粗澱粉率約減少1.7%，30天後約減少2%。而甘藷塊根製簽率與粗澱粉率之間，有極顯著的正相關存在，其 r 值爲0.9476，又據李氏（1982）（16）研究結果：甘藷塊根粗澱粉率與乾物率之表型，遺傳及環境相關係數均爲極顯著之正值，其相關係數分別爲 0.956、0.845 及 0.992。Duncan 等氏（1957）（10）以三個甘藷品種，研究不同種類鉀肥施用量對塊根乾物含量之影響指出，每公頃施用鉀要素 0、67、134、268 及 538 公斤，其平均塊根乾物含量分別爲28.5%、27.3%、26.9%、25.8%及24.8%，表示鉀肥施用過量時，塊根乾物含量有顯著之減低，但施用氯化鉀或硫酸鉀，對塊根乾物含量之影響不大。Constantin 等氏（1977）（9）研究鉀及磷肥對甘藷品質之影響亦指出，每公頃施用鉀要素 0、28、56、84、112及140公斤時，塊根乾物含量分別爲29.3%、28.8%、28.3%、28.1%、27.7%及27.5%，亦表示鉀肥施用過量，塊根乾物含量有明顯的減低。而磷對塊根乾物含量則無影響。據 Constantin 等氏（1974）（7）之研究結果，土壤水分增加對塊根乾物含量有顯著之減低作用，在自然降雨情況，及土壤有效水分保持25%及50%等 3 種處理下，塊根乾物含量分別爲26.9%、26.2%及25.8%，年份間之差異亦爲極顯著。又Constantin 等氏（1975）（8）研究土壤 pH 值對甘藷品質之影響指出，甘藷品種 Centennial. L_4—89 生長在pH 值爲 4.4—5.1土壤中，其塊根乾物量較高，而生長在 pH 值爲5.3—6.0或6.4—7.2時則較低，但品種 L_4—186 塊根乾物含量在不同土壤 pH 值下却無明顯之差異。

本試驗之目的，爲研究甘藷品種間塊根粗澱粉率差異之程度，以及氣候、土壤、栽培期作及生長期等環境因素對塊根粗澱粉率之關係，以供甘藷高澱粉品種育種及生產技術改進之參考。

材料及方法

本研究爲利用1980年秋作 292 個保存甘藷品種爲材料，在同一生長環境條件下，進行有重複之田間試驗，試區行長 3 公尺，單行區，行距 100公分，株距 30公分，重複 2 次，試區爲砂質壤土，前作爲綠肥，每公頃施用堆肥6,000公斤，氮素40公斤，磷素30公斤及鉀素120公斤分爲 2 次施用，第 1 次於整地作畦時，將堆肥及磷之全量與氮及鉀之半量作爲基肥施用，第 2 次在甘藷植後30天左右中耕時，將另半量之氮及鉀作爲追肥施用，並行培土。生育期中灌溉 1 次，生育期爲 180 天，收穫時，每重複分別採取中等塊根作粗澱粉率及乾物率之測定，以供研究不同來源及不同塊根肉色甘藷品種塊根澱

粉率之差異程度。並利用塊根乾物率及粗澱粉率之資料，以塊根乾物率爲自變數，粗澱粉率爲依變數，作直線迴歸方程式之配合，研究自變數與依變數之間的關係，以探求由塊根乾物率來推算粗澱粉率之可能性。（二）利用1981及1982年甘藷裡作品系區域試驗資料，探討地域對塊根澱粉率之影響，供試品系爲 C65-43, C65-319, C65-501, C65-515, N63-29, N63-61 臺南 18 號及新 31 號等 8 個品系（種），分別在南部地區，臺南縣官田，新市鄉及鹽水鎮及嘉義縣水上鄉等 4 處擧行，各地試驗均採用逢機完全區集設計，試區行長 8 公尺，2 行區，行距 100 公分，株距25公分，重複 6 次，10月間種植，生育期爲 180 天左右，收穫時，各地區每重複各品系均分別採取 3 個大、小、中等塊根，作粗澱粉率測定，並將所測定結果，作個別及合併之變方分析。（三）利用1980及1981連續在同一試地擧行二年之甘藷品系試驗資料，供試品系有15個，採用逢機完全區集設計，試區行長 8 公尺，單行區，行距 100 公分，株距25公分，重複 4 次，8 月間種植，在本分所水源地農場擧行，生育期 170 天，各年試驗每重複各品系均分別採取 3 個大、小、中等之塊根樣品，作塊根粗澱粉率測定，以供研究不同年份甘藷塊根粗澱粉率之差異及品系與年份之交感效應。（四）利用1980及1981甘藷不同栽培期作及生長期試驗資料，秋作及冬作分爲植後 4 個月、5 個月及 6 個月等 3 個採收期，春作及夏作分爲 4 個月及 5 個月等 2 個採收期，供試品種爲臺農65號、臺農64號及當地栽培種，每期作均採用逢機完全區集設計，試區行長 6 公尺，2 行區，行距 100 公分，株距25公分，重複 6 次，春作 3 月間種植，夏作於 6 月間種植，秋作於 8 月間種植，及冬作於11月間種植，收穫時，各期作試驗每重複均分別採取 4 個中等大之塊根樣品，作粗澱粉率測定。另一試驗爲甘藷植期試驗，分春作 2 — 4 月種植，夏作 5 — 7 月種植，秋作 8 —10月種植及冬作11— 1 月種植，供試品種爲臺農57號、臺農62號、臺農64號及臺農65號，採用逢機完全區集設計，在雲林縣元長鄉擧行，土壤爲坋質壤土，試區行長 6 公尺，2 行區，行距100公分，株距25公分，重複 6 次，生育期均爲150天左右，收穫時，各試驗均分別採取 3 個中等大之塊根，作粗澱粉率測定，並將兩項試驗所測定結果，分別統計分析，以供研究期作間同期作之不同生長期間對塊根粗澱粉率之影響。（五）1981利用晚秋植甘藷品系試驗，供試品系共有 6 個，採用逢機完全區集設計，試區行長 6 公尺，2 行區，行距 100 公分，株距25公分，重複 4 次，生育期 180 天，採收時，每重複各品系均採取10條中等大之塊根，分別於採收當日，採收後在室溫下貯存20天及採收後在室溫下貯存40天，作粗澱粉率測定，並將所得資料，進行統計分析，以探討採收後放置時期對甘藷塊根粗澱粉率之影響。

甘藷塊根粗澱粉率之測定，先用擦絲板將洗淨陰乾後之新鮮塊根造成藷簽，各秤量 200 克，放入打碎機國際牌 M5000 型，電動打碎 2 分鐘，打碎後之水溶液，先用 80 目細銅網加水擠壓，沖洗 3 次，再用 100 目銅網過濾一次，過濾後，將水溶液倒入鉛盤或塑膠容器內（盤長35公分，寬25公分，高 3 公分），經過24小時靜置沈澱後，將上層水倒掉，沈澱粉晒乾後，將其裝於玻璃紙袋內，再置放於 80°C 電器定溫乾燥機中，再烘乾10小時，取出秤量，據以計算新鮮塊根所含粗澱粉率。塊根乾物率之測定：將每重複各品種所採取中等大之塊根 2 個，用擦絲板造成藷簽，秤量 200 克，放在 70°C 電氣乾燥機中烘乾24小時，再秤其重量以計算塊根乾物率，烘乾物之含水量約在 5 %左右，甘藷塊根粗澱粉及乾物率之測定，均在採收後第 2 天即開始。

茲將各項試驗結果，分別說明於下：

結果與討論

（一）甘藷品種間塊根粗澱粉率之差異：

生長環境及栽培管理方法均相同之甘藷品種 292 個，經塊根澱粉率測定結果，分別作成粗澱粉率之頻度分佈圖，及按品種來源及塊根肉色之不同等，分別比較其塊根粗澱粉率之變域及平均值，以探討甘藷品種間塊根粗澱粉率之變異情形，茲將所得結果，列如表 1 、 2 及圖 1

由圖 1 知，292 個甘藷品種塊根粗澱粉率之變域自 7.0%—22.2%，大部份品種塊根粗澱粉率在

13.5%—14.5%之間，平均為14%，292個品種中塊根粗澱粉率大於平均值者，有154個品種，佔53%，而小於平均值者有138 個品種，佔 47%，表示甘藷品種間塊根粗澱粉率有相當大之差異存在，此與李氏（2）測定39個不同來源品種，其新鮮塊根粗澱粉率之變域自 7.3%—21.8%及亞蔬中心（5）分析228 個甘藷品種（系）之塊根乾物澱粉含量之變域自30%—80%所得之結論相同。

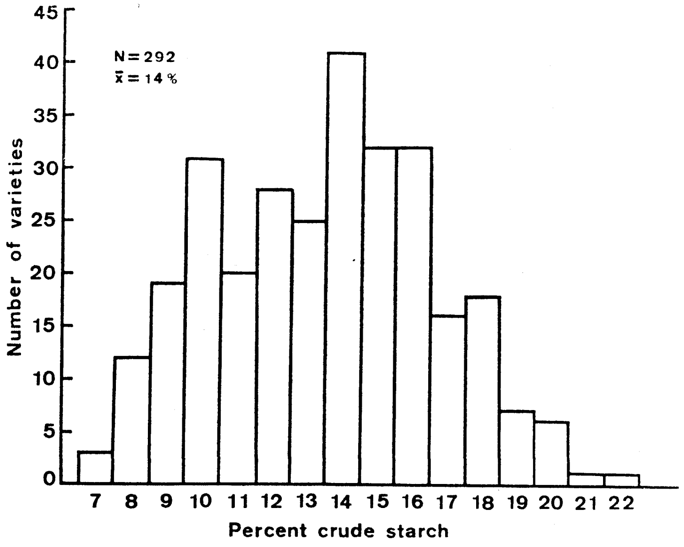


圖1. 秋作甘藷品種塊根粗澱粉率之頻度分布

Fig. 1. Frequency distribution of % crude starch of sweet potato roots for 292 varieties tested in fall planting (1980).

由表 1 可知，不同來源甘藷品種之新鮮塊根粗澱粉率之變域，在 126 個在來種中自 7.0%—19.9%，平均為 12.3%，值大於平均者佔 47%，小於平均者佔 53%，在66個改良品種中其變域自8.1%—18.7%，平均為14.2%，粗澱粉率大於平均值者佔50%，而小於平均值者，亦佔 50%，而 100個引進品種塊根粗澱粉率之變域自7.9%—22.2%，平均為 15.4%，粗澱粉率大於平均值者，佔55%，小於平均值者佔45%，由上述結果可知，塊根粗澱粉率之變域及平均值，以引進種為較大，改良種及在來種為較小。

表 1 不同來源之甘藷品種塊根粗澱粉率之變域及平均值比較

Table 1. Range and mean of percentage of root crude starch of the foreign introduced improved and native sweet potatoes.

來源 Source	品種數 No. of Cultivar	塊根粗澱粉率 Percentage of crude starch	
		變域 Range	平均值 Average
在來種 Native cultivars	126	7.0—19.9	12.3
改良種 Improved cultivars	66	8.1—18.7	14.2
引進種 Introduced cultivars	100	7.9—22.2	15.4

表 2 不同塊根肉色之甘藷品種塊根粗澱粉率變域及平均值比較：

Table 2. Range and mean of percent root crude starch of varieties of different root flesh color.

塊根肉色 Root flesh color	品種數 No. of varieties	塊根粗澱粉率 Percent crude starch	
		變域 Range	平均 Average
白色 White	119	7.0—19.9	13.2
淡黃一橙黃 Light Yellow to Orange	141	7.3—22.2	14.2
橙紅 Dark Orange	32	7.9—15.2	11.6

觀表2可知，白肉色塊根之119個甘藷品種中，粗澱粉率變域自 7.0%—19.9%，平均爲 13.2%，塊根粗澱粉率大於平均值者佔59%，而小於平均值者佔41%，塊根肉色自淡黃至橙黃之 141 個品種，其粗澱粉率自7.3%—22.2%，平均爲 14.2%，塊根粗澱粉率大於平均值者佔50%，小於平均值者亦佔50%，塊根肉色爲橙紅之32個品種，其粗澱粉率之變域自7.3%—15.2%，平均爲11.6%，塊根粗澱粉率大於平均值者佔38%，小於平均值者佔62%，由此可知，不同塊根肉色之品種中，以肉色淡黃至橙黃及白色者，其粗澱粉率之變域及平均值比塊根肉色橙紅者爲大。此與李氏 (16) 研究塊根肉色與塊根粗澱粉率及塊根乾物率之相關均負值，即塊根肉色爲橙紅者，其粗澱粉率低之結果相同。綜合上述結果可知，利用引進種與塊根肉色不爲橙紅色品種爲育種材料，以選育高澱粉之甘藷品種，將可得到較有利效果。

（二）地點，年份及期作對塊根粗澱粉率之影響：

將4個地點甘藷品系試驗分析所得之各機差均方，用 Bartlett's χ^2 均方純度測驗結果，實測 χ^2 值爲6.381，小於理論 χ^2 值($d.f=4$，$P=0.05$，$\chi^2=7.81$)不顯著，表示各個別試驗之機差均方爲純質，按地點及重複爲逢機型，品系爲固定型作合併變方分析，今由混合型之合併分析之F值顯著性測驗結果知，不同地點間對塊根粗澱粉率之差異爲極顯著，品系間之差異爲顯著，而品系與地點之交感作用爲極顯著，表示不同品系在不同地點之相對表現有極顯著不同，今將8個甘藷品系在4個不同地點之塊根粗澱粉率比較如圖2。

由圖2知，大多數品系在隆田 (15.9%) 及新市(15.5%)地區之塊根粗澱粉率較鹽水(14.2%)及水上 (13.1%) 爲高，8個品系之平均粗澱粉率自 13.1%—16.1%，以C65-319爲最高(16.1%)，新31號次之 (15%)，N63-29最低(13.1%)，地點間之變域爲13.1%—15.9%。構成各地區間塊根粗澱粉率差異之主要原因，可能由於不同地區間土壤水份之差異所致，有待進一步的研究，據Constantin等氏 (7) 之研究土壤水份增加對塊根乾物含量有顯著減低之情形。

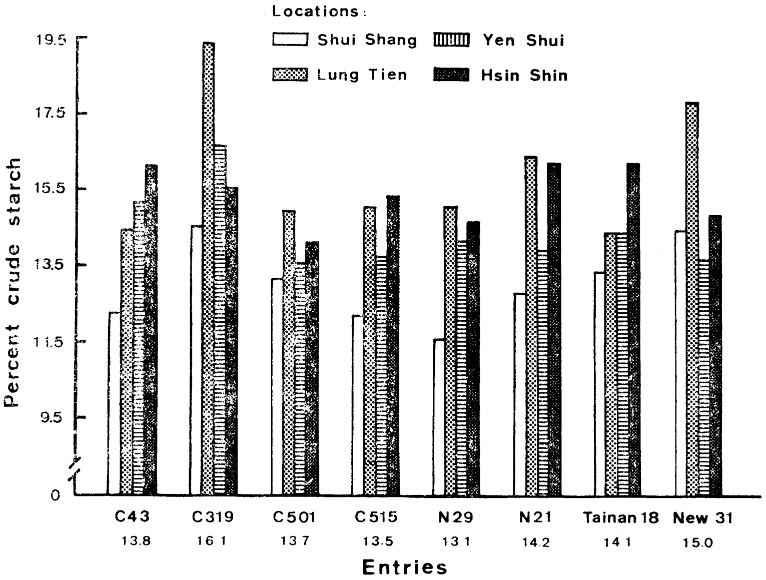


圖2. 裡作甘藷8個品系在4個地點之塊根粗澱粉率比較
（品系名稱下之數值爲品系4個地點之平均粗澱粉率）

Fig. 2. Percent root crude starch of 8 sweet potato entries grown in late fall season at 4 locations. (Values below the names of the entries represent the mean root crude starch of each entries.)

由連續二年甘藷品系試驗資料，用F測驗各年試驗機差均方之純度，其F值爲 1.178，不顯著，按混合型之合併變方分析結果，得知年份間平均塊根粗澱粉率之差異爲極顯著，品系間之差異爲顯著，品系與年份之交感作用爲極顯著，此表示不同品系在參試年份間之相對表現有極顯著之不同，今將15個甘藷品系在不同年份之平均塊根粗澱粉率比較如圖3。

由圖3知，15個品系中，以1980年 (18.5%) 之平均粗澱粉率較1981年 (17.1%) 爲高，表示年

份對塊根粗澱粉率之影響很大，各品系二年之平均粗澱粉率，以 C 65-358 (18.9%) 最高，C 65-52 (13.6%) 最低。

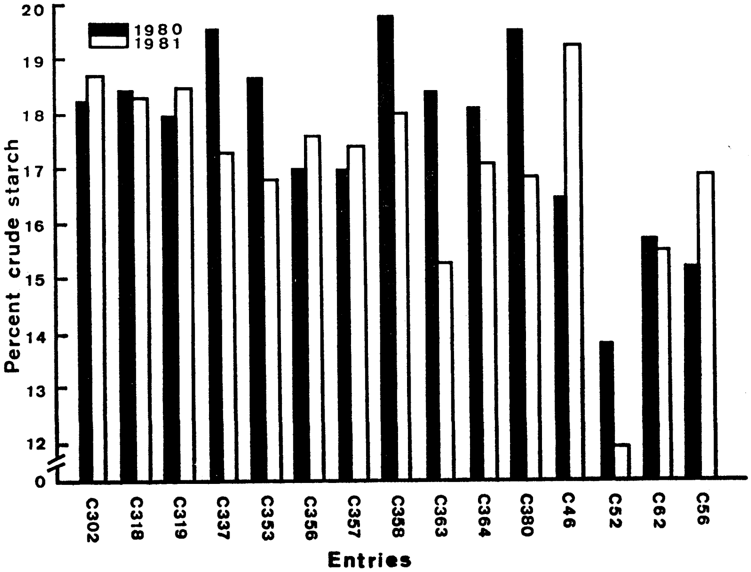


圖3. 秋作甘藷品系在不同年份之塊根粗澱粉率比較

Fig. 3. Percent root crude starch of 15 sweet potato entries grown in fall season for 2 years.

甘藷品種不同栽培期作 (1980及1981年) 對塊根粗澱粉率之差異比較如表 3 。

表3. 不同栽培期作甘藷塊根粗澱粉率之差異：

Table 3. The percent crude starch of sweet potato cultivars in different crop seasons

品種 Cultivars		春作 Spring planting	夏作 Summer planting	秋作 Fall planting	冬作 Winter planting
		塊根粗澱粉率 Percent Crude Starch			
臺農57號	Tainung 57	8.7a	11.5b	15.1c	13.9d
臺農62號	Tainung 62	11.2a	12.5b	15.7c	13.5d
臺農64號	Tainung 64	9.8a	10.7b	14.6c	11.9d
臺農65號	Tainung 65	9.6a	10.2a	14.4b	12.8c
平均	Average	9.8a	11.2b	14.9c	13.0d

註：表中橫行平均值上端所註之英文字母不相同者爲差異顯著。表中塊根粗澱粉率爲1980及1981二年平均值。

Note : Mean values in each row not sharing the same letter(s) were significantly different (P>0.05) as shown by Duncan's multiple range test.

由表 3 可知，不同栽培期作對塊根粗澱粉率具有極顯著影響，秋作 (8 —10月種植) 平均之塊根粗澱粉率爲14.9%，冬作 (11—1 月種植) 爲13.0%，夏作 (5 — 7 月種植) 爲11.2%及春作 (2 — 3 月種植) 爲 9.8%，以秋作及冬作爲極顯著或顯著高於春作及夏作，秋作又顯著高於冬作，而夏作又比春作高，品種間均以秋、冬作顯著比春、夏作高，此與李氏 (3) 研究不同期作對甘藷生長、收量及品質之影響所得結果相同。而構成不同栽培期作間塊根粗澱粉率差異原因，可能受不同期作間之環境，生理及發育因子等不同所影響，惟此項因子作用複雜有待再進一步之研究。

期作間不同採收期間所得結果列如表 4 。

表4. 同期作不同採收期甘藷塊根粗澱粉率之比較

Table 4. Comparison of percent root crude starch of sweet potato in different growing period among same crop season.

採收期（天） Growing period(day)	春作 Spring planting	夏作 Summer planting	秋作 Fall planting	冬作 Winter planting
120	11.6a	11.2a	12.1a	11.4a
150	12.3b	12.2b	12.3a	13.6b
180	—	—	12.8a	14.6c

Note : Mean values in each column not sharing the same letter(s) were significantly different (P >0.05) as shown by Duncon's multiple range test.

春作120天及150天兩個採收期中，以150天採收之平均粗澱粉率顯著高於 120天，夏作採收期 150天之塊根粗澱粉率顯著高於120天採收者。秋作120天、150天及180天之 3 個採收期間，對粗澱粉率之差異為不顯著，此可能為秋作生育後期中，受低溫及寡日照之影響。冬作180天採收的比120天者極顯著增加3.2%，也較150天採收者顯著增加1.2%，而150天採收的比 120 天者顯著增加 1 %，此項結果與磯永吉氏（ 1 ）及 Barham氏（ 6 ）所得結果之趨向相同。

利用1981年裡作甘藷品系試驗 4 次重複所採收之塊根，分採收後當日，採收後放置在室溫下20天及40天分析塊根粗澱粉率，並作變方分析，由所得結果可知，貯存期間對塊根粗澱粉率之差異為顯著，F 值為 9.440。品系與貯期之交感作用為不顯著，其 F 值＜1 ，採收當日，採收後貯放 20天及40天後之平均塊根粗澱粉率分別為16.4%，15.9%及14.8%，粗澱粉率以採收當日貯放20天之差異為不顯著，貯放40天之粗澱粉率較採收當日者極顯著減低1.6%，也較貯放20天顯著減低1.1%。甘藷採收後貯存期間室溫之高低對粗澱粉率必有相當大之影響，但與品種亦有關，甘藷在貯存中，塊根澱粉率因受糖化等酵素之作用及塊根上部抽長萌芽之影響，將澱粉轉化為醣類，故久貯甘藷塊根重量減輕，而糖份較高，致使澱粉率隨著貯存日數之增加而遞減。此項所得結果與磯永吉氏（ 1 ），Barham氏（ 6 ），Sistrunk 氏（15），Edmond 等氏（11）及李良（ 2 ）等之結果相同。

（三）甘藷塊根乾物率與粗澱粉率之關係：

利用 292 個甘藷品種保存試驗所測定之塊根粗澱粉率及乾物率之全部記錄資料，以塊根粗澱粉率為依變數（y），塊根乾物率為自變數（x），作直線迴歸方程式之配合，今將所得結果列述於下：

由 292 個甘藷品種所配合之塊根粗澱粉率（y）隨塊根乾物率（x）而變之直線迴歸方程式為：

$$\hat{Y} = -5.7005 + 0.6257x$$

式中迴歸係數，經用 F 值測驗結果，為極顯著，F值＝1,744.22，迴歸係數之標準機差為0.0149，信賴係數為95%時，b_{yx} 之可信限界為 0.6257 ± 0.0294，塊根粗澱粉率與乾物率之相關係數為極顯著，r＝0.926

今由所配合之塊根粗澱粉率隨塊根乾物率而變之直線迴歸方程式為：$\hat{Y} = -5.7005 + 0.6257x$，將實測 x 值代入上式，即可得 $\hat{Y}$ 值，據 xi 及 $\hat{Y}i$ 值，便可在座標圖上繪出一條直線，稱為預測直線，圖中各點為實測值，今將所繪出塊根粗澱粉率（Y）隨塊根乾物率（x）而變之迴歸直線圖如圖 4 。

圖 4 ，為塊根粗澱粉率（y）隨塊根乾物率（x）而變之直線迴歸方程式，其迴歸係數（b_{yx} = 0.6257）及相關係數（r＝0.9260）均為極顯著，迴歸係數之標準機差（Syx）為0.0149，信賴係數為95% 時，b_{yx} 之可信限界為 0.6257 ± 0.0294，因迴歸係數為極顯著，表明塊根粗澱粉率與塊根乾物

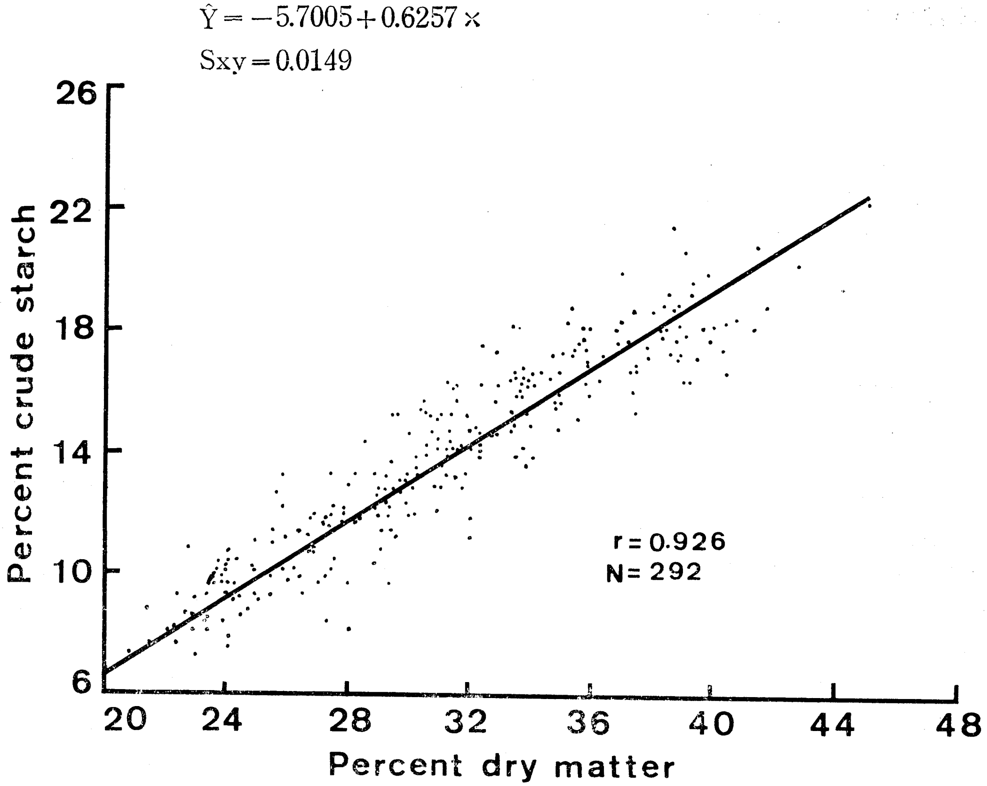


圖4. 甘藷品種塊根粗澱粉率（Ŷ）與塊根乾物率（x）之關係

Fig. 4. Relationship between percent crude starch (Ŷ) and percent dry matter (x) in sweet potatoes

率間有極密切直線迴歸關係存在，由此可知，利用塊根乾物率來估算粗澱粉率，可期獲有良好的效果，此在甘藷育種初期試驗，篩選高澱粉品系時，當可節省不少之勞力與費用。

由1981年裡作甘藷試驗同一生長環境條件下，以逢機方法採取臺農57號植株 8 株，共有33個不同大小塊根，分別秤量每個塊根重量，其重量之變域為 65.2克－599.9 克，並分別測定每個塊根粗澱粉率，其變域為13.2%－19.6%，然後將所得之33個不同大小塊根重量與其對應之粗澱粉率。計算其相關係數。又在33個不同大小塊根中，分級為：重量在240克以上為大塊根，有 9 個，重量在 160－239 克為中塊根，有 10 個，及重量在 80－159 克為小塊根，有 14 個，將此大、中、小三類塊根粗澱粉率資料作變方分析，以供探討對不同大小塊根重量與粗澱粉率之關係與大、中、小三類塊根中粗澱粉率之差異，今由分析所得結果知，不同大小塊根重量與粗澱粉率間之相關為不顯著之負值，$r = -0.336$，而大、中、小三類塊根粗澱粉率間之實測 F 值為 1.719，小於自由度 $n_1 = 2$ 及 $n_2 = 30$, F 表中 $P = 5\%$ 之臨界 F 值為 3.32，不顯著，表示不同大小塊根粗澱粉率之間無顯著差異，其平均之塊根粗澱粉率，大塊根為15%，中塊根為16.15%及小塊根為16.2%

誌謝：本研究之完成，第一作者得行政院國家科學委員會之獎助，謹此表示謝意。

參考文獻

1. 磯永吉原著、陳振鐸校閱，王念烈翻譯1948：臺灣甘藷之栽培　臺灣省農試所農報 2（11—12）：485—488。
2. 李良1959：甘藷品種粗澱粉含量測定　臺灣省農試所嘉義分所47年度研究試驗工作簡報：53—55。
3. 李良1981：不同期作對甘藷生長、收量及品質之影響　科學月刊 9（8）：693—706.
4. Anderson, W. S. 1936. The influence of fertilizers upon the yield and starch content of the Triumph

sweet potato. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 34 : 449-450.
5. Annual Report for 1974, 1975 : The Asian Vegetable Research Development Center. p. 112-114
6. Barham, H. N. 1943. Influence of various factors on the starch content of Kansas-grown potatoes and sweet potatoes. J. Agric. Res. 67(10) : 395-406.
7. Constantin, R. J., T. P. Hernandez and L. G. Jones. 1974. Effects of irrigation and nitrogen fertilization on quality of sweet potatoes. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 99(4) : 308-310.
8. Constantin, R. J., L. G. Jones and T. P. Hernandez. 1975. Sweet potato quality as affected by soil reaction (pH) and fertilizer. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 100(6) : 604-607.
9. Constantin, R. J., L. G. Jones and T. P. Hernandez. 1977. Effect of potassium and phosphorous fertilization on quality of sweet potatoes. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 102(6) : 779-781.
10. Duncan, A. A., F. C. Stark, and L. E. Scott. 1958. Effcet of potassium chloride and potassium sulfate on yield and quality of sweet potatoes. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 71 : 391-398.
11. Edmond, J. B. and G. R. Ammerman. 1971. Sweet potatoes : Production, Processing, Marketing. The AVI Publishing Company, Inc.
12. Hummett, H. L., R. C. Albritton, and F. T. Withers. 1978. Hardcore in some sweet potato cultivars and lines. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 103(2) : 239-241.
13. Purcell, A. E., W. M. Walter, Jr., and F. G. Gesbrecht. 1978. Change in dry matter, protein and nonprotein nitrogen during storage of sweet potatoes. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 103(2) : 190-192.
14. Samuels, G. 1967. The influence of fertilizer ratios on sweet potato yield and quality. Proc. Inter. Symp. Trop. Root Crops. Section II, p. 86-92.
15. Sistrunk, W. A. 1977. Relationship of storage, handling, and cooking method to color, hardcore tissue, and carbohydrate composition in sweet potatoes. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 102(4) : 381-383.
16. Li, L. 1982. The inheritance of crude starch percentage and its correlation with root yield and other traits in sweet potatoes. Natl. Sci. Counc. Monthly 10(9) : 763-772.

Variation in Crude Starch Percentage of Sweet Potato (*Ipomoea batatas* (L.) Lam.)[1]

Liang Li[2] and Chia-hsin Liao[3]

Summary

The experiments were conducted to investigate the varietal differences and the effect of environmental factors, such as location, year, crop season and length of growing season on the percent crude starch of sweet potatoes.

The percent crude starch of 292 sweet potato varieties grown under simillar conditions was measured. The average crude starch of roots ranged from 7—22.2%. Most varieties contained between 13.5—14. 5%. The results showed a wide range of percent crude starch in the various sweet potatoes. The average crude starch in roots of native varieties was 14.3%, ranging from 7—19.9%, and that of improved varieties was 12.3%, ranging from 8.1—18.7%, while in the foreign introductions the mean value was 15.4%, ranging from 7.9—22.2%. The variation of percent crude starch in roots was large in non-orange-flesh types (7—22.2%) and small in orange-flesh (7.9—15.2%). The foreign introductions and non-orange-flesh types of sweet potato had more percent crude starch and a wider variation than the native and improved varieties and orange-fleshed, suggesting that utilization of foreign introductions and non-orange-flesh types should be effective in improving crude starch content of sweet potato.

The analysis of variance indicated that the differences in percent crude starch of roots among locations and years were significant at the 1% level. The average crude starch of roots varied from 13.1% to 15.9% among locations and from 17.1% to 18.5% between the two years. The variety x location or variety x year interactions were highly significant, indicating the importance of testing in different locations and years.

The average crude starch among different crop seasons ranged from 9.8% to 14.9%. The average crude starch percent in the fall and winter plantings was markedly increased compared with the spring and summer plantings, suggesting that differences in percen crude starch among crop seasons can be due to environmental, physiological and developmental factors. The average crude starch was significantly higher at harvest 180 or 150 days after plantings than at 120 days after planting in the same crop season.

There was a significant decrease in percent crude starch of roots with an increase in storage duration. The average crude starch percentage among storage duration varied from 14.8% to 16.4%. The average crude starch percentage was decreased markedly in storage after 40 days. There was no significant difference in percent crude starch between 0 and 20 days storage period.

A linear relationship between percent dry matter of roots and percent crude starch in roots was found. The regression equation $\hat{Y} = -5.7005 + 0.6257x$ was derived, where $\hat{Y}$ was the % crude starch and x was the % dry matter. A highly significant linear correlation ($r = 0.926^{**}$), indicated that the % dry matter of roots can be used to eval-

uate the % crude starch of sweet potatoes.

Fresh weight per root of the plants CV. Tainug No. 57 was found to be negatively and nonsignificantly correlated (r = −0.336) with percent crude starch. The differences in percent crude starch among three different root sizes were not significant. This indicates that root size does not significantly affect the percent crude starch of roots.

---

1. Contribution No. 1130 from Taiwan Agricultural Research Institute.
2. Senior Agronomist and concurrently the Director of the Chiayi Agricultural Experiment Station, TARI.
3. Assistant Agronomist, Department of Agronomy, Chiayi Agricultural Experiment Station, TARI. Chiayi City, Taiwan, 600 ROC.

中華農業研究（Jour. agric. Res. China）32(4)：336～340（1983）

食用美人蕉品種間農藝特性及澱粉含量之研究[1]

胡　敏　夫[2]

摘要　本文目的在探究食用美人蕉品種之農藝特性及澱粉性質，發現紫紅色種之生長勢較綠色種為強，公頃塊莖產量亦較高，但差異不大。不同生長序之塊莖產量與全部塊莖產量之比，兩品種均以第3及第4分蘖所佔之百分率較高分別為27.5%與28.7%（紫紅色種），及23.8%與23.5%（綠色種）。塊莖澱粉含量亦以第2至第4分蘖之塊莖較高，各為65.3%、61%、64%（紫紅色種）及59.2%，64%、65%（綠色種），顯示促進該等分蘖塊莖數量及發育為提高食用美人蕉產量之重要關鍵。不同生育日數對塊莖澱粉含量經測定結果，得知塊莖澱粉蓄積量隨著生育日數而增加，但最適當之收獲時期，應在植株開始枯萎且新芽未萌發前為宜。自澱粉粒觀測發現，該兩品種之澱粉粒均比其他澱粉作物之澱粉粒為大，澱粉純度高，尤以綠色種為最，此或可解釋綠色種廣被農民栽培之理由。

食用美人蕉（edible canna, *Canna edulis* Ker.）屬曇華科（Cannaceae）一年生或多年生之澱粉作物，起源於南美洲秘魯 Andean 區域，分佈於智利、哥倫比亞、巴拉珪之亞瑪遜河盆地，中美洲之安替列斯羣島與臺灣等地。其名稱因栽培地而有不同的稱呼，如秘魯北部被稱為"Sio"，在 Quechua 則稱為"Achira"，哥倫比亞稱"Chisgua"，而在臺灣南投一帶稱為藕薯[4,7]。

本省食用美人蕉栽培地區以南投縣為主，次為屏東縣滿州鄉與宜蘭縣雙溪，員山等地，栽培面積計約一千多公頃，主要用途為提煉澱粉供製粉絲及高級餅乾，自1973年中東地區發生以阿戰爭及兩伊戰爭，導致石油危機以來，世界各國紛紛致力於研究取代石油為能源之農作物發展[6]。據 1980 年美國召開生質（biomass）利用會議指出，巴西國內每年消耗石油量約20萬加侖，其政府擬定政策發展生產澱粉類作物及甘蔗等以製造酒精來取代40—60%石油需求量。本省未來能源作物之發展，經專家共同研討結果，確認以糖料作物與澱粉作物最具前途，而澱粉作物以甘藷、食用美人蕉最具發展潛力，前者生長期間短，一年可三作，後者則適合山坡地栽培，管理粗放，產量又高[1]。

另據賴[5]報告，臺灣食用美人蕉栽培品種有二種，一為綠色莖葉種，另一為紫紅色莖葉種。前者為一種變種是目前一般農民所栽培的品種，後者為原始種，因產量低，不常栽種。但據竹山鎮中和製粉廠稱，綠色莖葉種與紫紅色莖葉種，其塊莖產量與澱粉含量並無甚大差異，若有差異或為土地肥瘠所使然，是否如此乏人研究，爰乃從事品種比較試驗，調查其品種間農藝特性及澱粉含量差異，以供農友栽培食用美人蕉之參考。茲就調查及分析結果草成報告於後。

材料與方法

本試驗於71年2月中旬種植，至翌年2月植株開始枯萎時收獲。供試品種為綠色莖葉種及紫色莖葉種二種。試驗方法採逢機完全區集設計，4重複，行長9公尺，行距1.2 公尺，4行區，每行種植

1.臺灣省農業試驗所　研究報告第 1131 號。
2.本所農藝系助理。臺灣省　臺中縣　霧峰鄉。

15株，小區面積10.8平方公尺，調查項目爲株高，分蘖數，始花期、莖徑，不同生長序之塊莖產量，澱粉粒觀測及澱粉含量分析等。澱粉粒之觀測材料，除使用食用美人蕉，綠色種與紫紅色種之澱粉外，並蒐集其他澱粉作物如馬鈴薯（448）號、葛鬱金、甘藷（臺農 65 號）及樹薯（埔里選 1 號）等 4 種之澱粉，加以觀測比較。澱粉含量分析，乃採用 A. O. A. C [8] 法：取 0.5g 樣品置於 250 ml 燒杯，加 50 ml 純水攪拌 1 小時，然後用濾紙過濾並用 250 ml 純水洗之，將濾紙殘留物用 100 ml純水移至 500 ml 燒瓶中加 10 ml 25% 鹽酸後，置於水浴器（ water bath ）上以沸騰水溶液還流 3 小時後取出冷却，隨即用 20% NaOH 溶液中和至微酸性，然後再過濾一次，加水稀釋至 250 ml。最後取加水分解中和液溶 5ml（葡萄糖含量爲 5-25 mg/5 ml）用 Somogyi 變法測定還原糖量，後乘以 0.9 而得澱粉量。

結　果

一、品種間之農藝特性

Table 1. The agronomic characteristics of two canna varieties (1982)

Variety	Plant height (cm)	No. of tillers	Days to blooming	Stem diameter (cm)	% of tubers of different growing order 1	2	3	4	5	Yield (kg/ha)
Purple var.	200	10	142	2.7	12.6	18.8	27.5	28.7	12.4	53,992
Green var.	190	9	141	2.7	14.7	20.3	23.8	23.5	17.7	53,194

食用美人蕉因具高度不孕性，其繁殖方法一般均採用塊莖種植，而種植所用種薯大小將影響初期生育很大。本試驗爲避免初期生育發生差異，種植時採大薯淺土種植。經一年觀察比較結果，發現紫紅色種較綠色種高，分蘖數亦較多，由此可知紫紅色種之生長勢較綠色種强，在公頃塊莖產量方面，紫紅色種也較高，但經綜合變方分析結果，其間差異並不顯著。

不同生長序之塊莖量調查，係每品種選 4 株，挖掘後用清水冲洗，鑑別其第 1 至第 5 塊莖生長序，然後依序將諸小塊莖取下涼乾，分別調查其塊莖數及產量，經調查結果，紫紅色種五塊莖生長序之平均塊莖數爲 7 、15、23、24及22，綠色種爲15、20、48、39及21，二品種平均塊莖數以第 3 與第 4 分蘖之塊莖佔最多，其重量佔全體塊莖總重之百分率，在紫色種爲27.5%，28.7%，綠色種爲23.8%、23.5%，此顯示食用美人蕉塊莖產量深受第 3 與第 4 分蘖塊莖數之多寡所影響。

二、澱粉測定

（一）不同生長序之塊莖澱粉含量分析

Table 2. Comparison on strach content of tubers of different growing order on each plant of canna varieties.

Variety	Tuber orders [a]	Moisture (%)	Starch content [b] (%)	Variety	Tuber orders [a]	Moisture (%)	Starch content [b] (%)
Purple	PR	64.4	46.8	Green	PR	68.8	46.3
	SE	66.3	65.3		SE	69.4	59.2
	TE	71.3	61.0		TE	71.3	64.0
var.	QU	72.5	64.0	var.	QU	71.3	63.0
	PE	80.0	56.8		PE	76.9	63.0

a. PR : Pirmary tiller, SE : Secondary tiller, TE : Tertiary tiller, QU : Quarternary tiller, PE : Pentanary tiller.
b. Dry basis.

從表1資料顯示，食用美人塊莖產量受第3與第4分蘖塊莖數量多寡所影響，然其澱粉含量是否亦因不同生長序有所差異，實需加以測定。經分析結果，兩品種之塊莖澱粉含量皆以第2至第4分蘖之塊莖較高，第1及第5塊莖序者較低，紫紅色種澱粉含量分佈範圍為 46.8%—65.3%，綠色種為 46.3%—65%，兩者差異甚微。

（二）生育日數對澱粉含量之影響

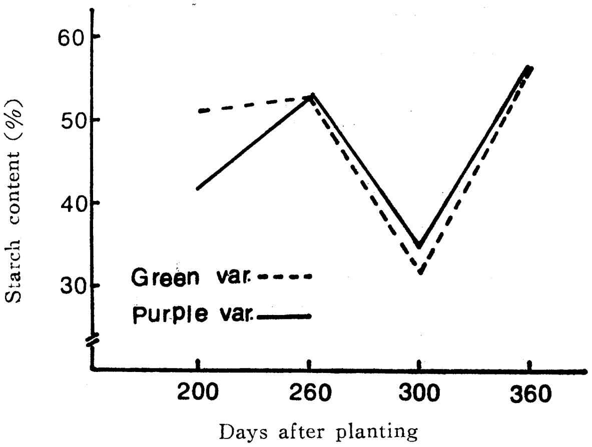


Fig 1. Changes of starch content at different growing stages of two Canna Varieties.

於種植後 200天、260 天、300 天、360 天等 4 期分別挖掘塊莖，經烘乾磨粉後，測定其澱粉含量結果示如圖1，顯示兩品種生育期間之澱粉蓄積變化趨勢頗為一致，惟紫紅色種初期之蓄積量（42%）較少於綠色種（51%），至 260天時兩品種澱粉蓄積量相近，各為53%（紫紅色種）及 52.9%（綠色種），此時之食用美人蕉生長旺盛、莖葉繁茂。至 280 天時，兩品種因相繼發生葉枯病、莖葉均受感染，雖施藥防治，但生育已受影響，至 300 天時植株重新長出幼芽，導致塊莖澱粉蓄積量迅速降低，至 360 天時澱粉蓄積量再度增加，分別測得紫紅色種為58.8%，綠色種為58.3%。由本項分析結果獲知，食用美人蕉在正常生育條件下，其澱粉蓄積量隨生育日數之增長而增加，至植株枯萎且新芽未發生時，是為適當收穫期。

三、澱粉粒觀測

表3.　食用美人蕉之澱粉粒與其他澱粉作物之澱粉粒比較

Table 3. Comparison on the granular size of edible canna and other main starch crops in Taiwan.

Crop	Granular size (μ)	Crop	Granular size (μ)
Canna-Purple var.	71×68	Potato (448)	49.3×45.4
Canna-Green var.	86×77	Cassava(Pul-li sel. 1)	20.3×19.0
S. Potato (T. No. 65)	24.8×23	Arrow root	36.0×31.0

澱粉粒大小與澱粉之物理性質有關並直接影響澱粉的品質，因之探討澱粉的品質如純度等，觀測澱粉粒大小是一項重要工作，使用 400 倍顯微鏡觀測，發現食用美人蕉兩品種之澱粉粒均大於表列其

他澱粉作物，尤其綠色種之澱粉粒達 86×77μ，為所有澱粉顆粒之最大者。

討　論

經一年之調查，獲知紫紅色種之公頃塊莖產量高達53,992公斤（表1），其產量並不低於綠色種，且生長勢亦較綠色種强，此結果與臺中區農業改良場在中寮鄉（71年）種植所獲結果相埒[2]。就單株之不同生長序之塊莖重量與全株塊莖總重比較，兩品種均以第3與第4分蘖之塊莖所佔之百分率最高，不同生長序之塊莖澱粉含量，亦有相同之趨勢，此顯示欲提高食用美人蕉塊莖及澱粉產量，似應於食用美人蕉生育中後期注意肥培管理，以促進第3與第4分蘖塊莖之數目與發育生長，或可增加塊莖及澱粉產量。

不同生育日數之塊莖澱粉含量測定，可了解食用美人蕉生育期中澱粉之蓄積變化，及推測最適當之收穫時期。本試驗於食用美人蕉種後第200、260、300及360天分別測定其澱粉蓄積量，發現澱粉蓄積量係隨著生育日數之增長而增加（圖1），如植株受葉枯病感染或重生新芽時，將導致澱粉蓄積量下降。因之，食用美人蕉生育期中務必預防葉枯病之發生，生育後期亦應待植株開始枯萎至新芽未萌發前適時收穫，才可獲得較多的產量，太早或太晚均非所宜。

澱粉粒大小可影響澱粉純度，據張與劉[3]報告，稻米澱粉粒小，純化速度慢，且因所含蛋白質不易除去，影響澱粉純度。另據 Lii and Chang[9]，研究臺灣澱粉作物之澱粉性質指出，大澱粉粒之澱粉，通常具有較高之糊化溫度範圍。表3之資料顯示，可知食用美人蕉之澱粉顆粒是所有本省主要澱粉作物中最大者，這對於其澱粉品質將有正面的影響，就品種間比較，綠色種之澱粉粒(86×77μ）較紫紅色種（71×68μ）更大，此或許為一般農民樂意種植綠色種原因之一。

參考文獻

(1) 臺灣省農業試驗所、1981、能源作物發展及研究，討論會議記錄、（油印本）。

(2) 呂阿牛、戴炳南、1983、食用美人蕉品種比較試驗，臺灣省政府農林廳彙計工作報告（油印本）。

(3) 張長泉、劉廷英　1979、臺灣不同米品種之澱粉性質，食品科學、6（2）114—132。

(4) 賴光隆、蔡養正、王翠玉、1980、臺灣食用美人蕉之研究——植物性狀與經濟利用初步調查，中華農學會（111）、1—14。

(5) 曉妤、1981藕薯就是食用美人蕉、農業周刊、7（2）14。

(6) 謝順景、1981、能源作物之發展，中華農學會七十年聯合年會刊印本8—20。

(7) Grade, D. W. 1966. Achira the edible canna, its cultivation and use in the Peruvain Andes. Econ. Botany 20. 407-415.

(8) Horwitz, W. Association of Official Agricultural Analysis. 1970 Methods of analysis (11th ed.). Method 13.055. The association, Washingotn, D. C.

(9) Lii, C. Y. and S. M. Chang. 1978. Studies on the starches in Taiwan 1. Sweet potato, cassava, yam and arrow root starches. Pro. Natl. Sci. Counc. R. O. C. 2 (4). 416-423.

Studies on the Agronomic Characteristics and the Starch Contents of Two Edible Canna Varieties (*Canna edulis* Ker.)[1]

M. F. Hu[2]

Summary

A comparative study on yield and starch content of two edible canna varieties, namely, the green and the purple canna, was carried out in 1982. The results showed that the growth of the purple variety was more vigorous than that of the green one. The tuber hectare yield of th purple variety was also higher than that of the green one, but without significant difference.

Each canna plant usually produces five tuber-tillers. The ontogeny and weight of each tuber tiller were individually investigated. The third and the fourth tuber tillers were found to have the highest yield weight and averaged 27.5% and 28.7% of the total yield in the purple variety and 23.8% and 23.5% in the green variety, respectively. The starch content of each tuber tiller was also analysed, the second, third and fourth tuber tillers had higher starch content than the first or the fifth one. Therefore, the yields of the third and the fourth tuber tillers greatly influence the total production of edible canna.

Starch content at different growing stages in canna was also analysed. There was a positive correlation between the tuber starch content and the growth period. The highest starch content is obatined just before the plant is about to wilt. The observation of various starch granular indicated that the green canna had the largest granular size, and followed by the order of purple canna, potato, arrow root, sweet potato and cassava.

---

1. Contibution No. 1131 from Taiwan Agricultural Research Institute.

2. Research assistant, Department of Agronomy, TARI, Wufeng, Taichung Hsien, Taiwan. 431, ROC.

中華農業研究 (Jour, agric. Res. China) 32(4) : 341~347 (1983)

Studies on the Field Use of Potato True Seeds in Tuber Production[1]

S. J. Tsao[2]

Abstract : Several cultural experiments were conducted to investigate the most adaptive method of using potato true seeds (TPS) in potato production.

1. Comparison between the use of true seeds and seed tubers.
2. Comparison of different seeding rates in relation to tuber yield.
3. Comparison of TPS tubers of different size in their ability as seed tubers.
4. Comparison of yielding ability of different TPS populations.

All plantings were adversely affected by extended period of heavy rainfall during the later part of the growth. However, results are summarized as follows :

1. All yields obtained from TPS seedling-whether by direct seeding or by transplanting, were lower than those obtained from tuber planting.
2. Potatoes produced from true seeds can be used as seed tubers to produce a crop as long as the tuberlets reach the size of 8g. The technology of direct seeding with dense spacing can be employed to produce numerous small tubers in limited land.
3. Direct seeding is more economic and labor-saving than transplanting in producing tubers.

To guarantee a successful crop of potatoes, it is essential to use healthy seed tubers. Various kinds of pathogens, especially viruses, are transmitted through otherwise diseased tubers to subsequent crop. Special technique and isolated area with very low population of aphids are usually required in the production of certified quality tubers. However, it is difficult for many tropical and subtropical countries to meet these requirements and to maintain a certified seed program. To compensate for this difficulty, an alternate system of potato production by the use of true seeds (in short, TPS) is being developed (1,2,3,4,5,9). Freedom from tuber-borne diseases and high multiplication rate are expected in this new system. However, inherent problems needed to be overcome in this system are the low yield and wide segregation in TPS populations and the difficulty of efficient seed production (2,6,7,9,13). The International Potato Center (CIP) in Peru has conducted researches in various aspects including genetics, physiology and agronomic management in attempt to promote the practical use of TPS in commercial potato production in different countries. New Zealand and Sri Lanka are experimenting the potato production from TPS (2,8). The Republic of Korea is also reporting potato yield up to 40t/ha by the use of hybrid seeds (6). During the past four years, the author has studied the TPS cultivation and found no commercial yield obtained from TPS populat-

---

1. Contribution No. 1132 from Taiwan Agricultural Research Institute (TARI).
2. Horticulturist, Department of Horticulture, TARI, Wu-feng, Taichung, Taiwan, Republic of China.

ions tested[11,12,13]. However, Yield increase was obtained when selected TPS tubers were used as seed tubers[11]。 By the practice of transplanting, a fall crop of TPS seedling with 100 days of growth in field fits well to the current cropping system. The present study carried out during 1982 and 1983 was aimed to find the most adaptive method of using true seeds in potato production.

Materials and Methods

All four experiments were conducted in replicated plots (unless specifically stated, RCBD, 4 replicates) at Taiwan Agricultural Research Institute in Taichung area where the potato growing season extends from October to next February. Fields were prepared with in-corporation of little manure (water buffalo), after the second rice crop, into ridges ca. 0.7m wide on top and 12cm high. All TPS used were pretreated with GA (100 ppm) one or two days before sowing. All plantings were adversely affected by heavy rainfall starting in late January through March. Consequently all harvest was delayed till March and carried out in wet soil.

1. Comparison between the use of TPS and seed tubers.

To compare different propagating methods in their management and yieid, open-pollinated (op) seeds of 2 lines-No. 26 and No. 475 and tubers of 2 commercial cv. -Kennebec and Cardinal were used. True seeds were either directly sown in the field on October 30, 1982 with 5-6 seeds in holes opened 25cm apart on both sides of the ridges, or were grown in aluminum trays (60×45×10cm) in greenhouse for one month from November 7 and then transplanted with 2 seedlings per hill into field. On the same day of transplanting, tubers of 2 cultivars were planted. Field arrangement was split plot design with propagating methods as main plot and varieties as subplot, replicated 4 times. Each plot consisted of 100 hills.

2. Comparison of different seeding rates in relation to tuber yield.

Open-pollinated seeds of line 26 and line 475 were used to compare 3 different seeding densities in relation to the production of tuberlets which may be used as seed tubers. The number of seeds were calculated at 300, 200 and 150 corresponding to the seeding distance of 8×8, 10×10 and 12×12cm, respectively, and seeds were broadcast to plots of 0.7×2.8m on October 31, 1982. Fine soil and rice husk in that order were then broadcast to cover the seeds and reduce soil crusting. Careful watering was practiced till seedling had emerged.

3. Comparison of tuberlets of different size in their ability as seed tubers.

Preliminary study in greenhouse indicated that high seeding rate resulted in the production of may tiny tubers of 1 and 2g in size[11]. The tuberlets used in present study to find their effective size as seed tubers were of 4 open-pollinated and 2 hybrid populations (Table 4). Tuberlets were grouped into three, namely those of <5g, 5-10 g, and 10-15g and were randomly planted (CRD) with unequal replications. Each plot contained 40 tuberlets.

4. Comparison of yielding abilidy of different TPS populations.

Four open-pollinated and 5 hybrid TPS populations (Table 5) were used. All seeds were grown as seedlings in plastic trays of 60×35×6cm from November 12 to December 8, 1982 before they were transplanted to field. Each plot contained 100 hills of seedlings.

Results and Discussion

1. Comparison between the use of TPS and tubers.

Seedling emergence started to occur in 8 days of sowing in field. The percentage of germination counted by number of hills in 2 weeks was 75.7 and 72.0 for OP progenies of No. 26 and No. 475, respectively. However, leaf hopper and cutworm attacked the newly emerged seedlings and young seedlings, respectively and caused the reduction of seedling stands. These once slow-growing seedlings grew vigorously with quite uniformity in plant type after several cultivation and hill up. While seedlings grown in greenhouse and then transplanted to field had less vigor and fewer stems. Tubers of cv. Cardinal for planting were well-sprouted and soon emerged to fast-growing plants of which the haulm exceeded those of direct-sown seedlings in size in one and half month of planting. Tubers of cv. Kennebec were still in dormancy when planted and took longer time to emerge even with the pretreatment of GA. This gave Kennebec less time to grow before the incidence of rainfall. Growth from Kennebec was only comparable to that of field-seeded TPS. The yield from Kennebec was not considered to be representative. Different growth vigor in plants by different propagating practices was reflected by tuber yields. Highest yield was obtained by tuber-planted Cardinal as expected (Table 1). Tubers produced from TPS were less than 1/3 of those obtained from tuber-planted crops. Compared with the results obtained in previous study[11], tuber yields were markedly reduced in both tuber-planting and TPS plants due to unfavorable weather conditions occurred during tuber bulking. It also indicated that TPS seedlings were more vulnerable to adverse effect of unfavorable environment. The yield difference between direct sowing and transplanting was not significant (Table 1). Should the TPS seedling be given longer period of vegetative growth under optimum environment, the tuber yields might increase. Higher tuber production from TPS was usually obtained from plants with 5 months of growth in various countries[1,6]. However, this long period of growth in field also requires intensive pest and disease control.

Table 1. Tuber yields obtained through different propagating practices.

Propagation	Line	Yield (kg/100 hill)
Direct sowing[a]	26op	8.94 b[d]
	475op	8.84 b
Transplanting[b]	26op	3.57 b
	475op	3.60 b
Tuber-planting[c]	Cardinal	32.78 a
	Kennebec	5.30 b

a. TPS seeded in field : October 30, 1982. *b.* TPS seeded in greenhouse : November 7, 1982, transplanting : December 7, 1932.
c. Tuber-planting : December 7, 1982. *d.* Means do not have a letter in common are significantly different at the 5% level according to Duncan's multiple range test.

2. Comparison of different seeding rate in tuber yield.

All TPS started to germinate in 10 days of sowing. The emergence rates in 2 weeks, as shown in Table 2, were not significantly different among different seeding rates. Uniformity in both plant and tuber type was found in both OP populations. Tuber yield ranged from 10 to 17 kg per $10m^2$ (Table 3) which was much lower than the yield of 40-45kg obtained in Wiersema's study (14). This might be partly due to the different TPS populations used and partly due to the low radiation occurring at the later part of the growth. The small plot size and the broadcast technique applied in this study resulted in uneven distribution of seedling stands which concentrated either in the center or on one side of the plot. The difference in tuber yield obtained from different seeding rate was not revealed. For the purpose of seed tuber production, however, the seeding space is suggested not to be wider than 10×10cm.

Table 2. Emergence rate of TPS lines in different seeding rates[a].

Line	Seeding rate	% of emergence
26op	8× 8cm	51.16
	10×10cm	46.00
	12×12cm	51.16
475op	8× 8cm	49.41
	10×10cm	44.75
	12×12cm	39.33

a. Direct seeding in field : October 31, 1932 ; harvest : March 7, 1982.

Table 3. Tuber yield and number of tubers over 10g in size of 2 TPS lines in different seeding rate[a].

Line	Tuber yield (kg/10m²)			Avg.	No. of tubers>10g			Avg.
	8×8 cm	10×10 cm	12×12cm		8×8cm	10×10cm	12×12cm	
26 op	17.24	14.05	13.01	14.77	375	308	366	349
475 op	13.43	11.30	10.67	11.80	318	299	146	254

a. Direct seeding in field : October 13, 1982 ; harvest : March 7, 1983.

3. Comparison of TPS tubers of different sizes in their ability as seed tubers.

Many TPS tubers obtained from dense seeding in previous study (11) were of the size less than 5g. When planted as seed tubers, these tiny tubers, with one sprout, emerged later than those of larger size. Plants were mostly single stemmed and relatively small in size and tuber production was the lowest among all three tuber sizes tested (Table 4). The larger the size of seed tubers, the higher the potato yields were obtained, but the difference between using 5-10g or 10-15g was not significant. Different TPS populations showed differential response to the small seed tubers used as indicated by the much

more reduced yield in No. 83 op and Atzimba×R128.6 progenies from using seed tubers of less than 5g in size. To be usable as seed tubers, the TPS tubers are suggested to reach the size of ca. 8 g.

Table 4. Potato yields (kg/10m²) obtained by seed tubers[a] of different size.

Seed tuber size	TPS origin						Avg.
	83 op	26 op	401op	475op	Ax DTO-28[b]	A×R128.6[b]	
5g	1.00	4.41	3.65	5.50	1.88	0.56	3.13b[c]
5—10g	4.38	8.05	7.77	7.25	11.03	3.22	7.86a
10—15g	…	10.00	…	12.96	14.35	6.48	10.94a

a. TPS tubers obtained in Spring, 1982. *b*. A stands for Atzimba, seeds of both A×DTO-28 and A×R 128.6 were obtained from CIP. *c*. Means do not have a letter in common are significantly different at the 5% level according to Duncan's multiple range test.

4. Comparison of yielding ability of different TPS populations.

Differential growth vigor and plant type were shown among different TPS progenies during seedling stage in greenhouse. Average transplant survival was quite high if the seedlings were not suffered from cutworm damage which was later controlled by spraying Dursban. Treatment of Furadan or Temik was not effective in the control of this underground insect. Plants from PAS 3064, a hybrid seed population, gave the best growth and most vigorous haulm with thick main stems and broad leaves in the field. Population of PAS 1684, an open-pollinated progeny, gave the least uniform plants with many viney stems and small leaves. Highest yield was obtained from PAS 3064 with average production of 154 g per plant.

Table 5. Tuber yields obtained from different TPS progenies.[a]

TPS population	Seed source	Yield (kg/10 m²)
PAS[b] 1684	OP	2.45 cd[c]
PAS 2989	OP	2.03 d
PAS 3006	F 1	2.52 cd
PAS 3063	F 1	4.25 bc
PAS 3064	F 1	10.28 a
1282-17×1282-19	F 1	4.23 bc
1282-19×1282-17	F 1	6.01 b
No. 26	OP	5.57 b
No. 475	OP	4.59 b

a. TPS sown in greenhouse : November 12 ; transplanting : December 8, 1982. *b*. PAS stands for Pan-American Seed Co. where seeds are from. *c*. Means do not have a letter in common are significantly different at the 5% level according to Duncan's multiple range test.

Generally, TPS seedlings are more affected by environmental factors than tuber-planted plants are [2]. During the later part of the growing season in the present study, the incidence of continuons rainfall rendered the low yield of 200-300g per tuber-planted plant, and still lower production from TPS seedlings. Under normal conditions, yield of more than 500g is usually produced per tuber-planted plant. The heavy texture and low content of organic matter of the soil in experimental plots tended to give more adverse effect to the growth of TPS seedling than to that of tuber-planted crop. In conclusion, in order to facilitate the adoption of TPS technology in commercial production, it is necessary to screen for the adaptive and productive TPS. The selection may be enhanced or achieved sooner by testing a collection of as many as possible promising TPS populations from various countries. Direct seeding at close spacing would be more labor-saving than transplanting practice in the production of TPS tubers with size 5-10g in weight. This production method would eliminate the work of cutting tubers into seed pieces and the consequent disease infection, and would increase the multiplication rate. The recommended seedling density would be at 10×10cm spacing. To promote a uniform and fast germination, the TPS after pretreatment of GA for one day must be kept moist during and after sowing. An efficient sowing method needs to be explored to guarantee a uniform distribution of seedling stands. To shorten the storage period for the TPS tubers (as seed tubers), the most appropriate season for their production needs to be studied.

Acknowledgement

The experiments were supported by grant NSC70-0409-B055(10)from National Science Council, Executive Yuan, Republic of China. The author is indebted to Dr. C. Liu, Department of agronomy, for his advice and help in experimental design and statistical analysis. Thanks are also due to Mr. J. E. Bryan and Dr. H. A. Mendoza of International Potato Center, Dr. E. Leue of Pan-American Seed Co., Dr. S. C. Chou of Geo. J. Ball, Inc. for providing potato seeds used in this study. I wish to thank Dr. H. Wan, Director of TARI, Mr. C. K. Lien, National Science Council, Drs. S. C. Lin and C. H. Hsiao, Department of Horticulture for their moral support during the progress of this work. I also thank Dr. D. J. Liu, Department of Agronomy for his improving the script.

Literature Cited

1. Accatino, P. and P. Malagamba. 1982. Potato production from true seed. International Potato Center. Lima, Peru. 20pp.
2. International Potato Center. 1980. Report of the planning conference on the production of potato from true seed. The Philippines, September 13-15, 1979. 172 pp.
3. International Potato Center. 1980. Annual Report 1979. 134 pp.
4. International Potato Center. 1981. Annual Report 1980. 133 pp.
5. International Potato Center. 1982. Annual Report 1981. 130 pp.
6. Kim, K. K., H. Y. Kim, and C. H. Song. 1983. Potato production by TPS in a temperate region. In : Research fot the Potato in the Year 2000, (ed. W. J. Hooker). International Potato Center, Lima, Peru. p. 109-110.

7. Martin, M. W. 1983. Techniques for sucessful field seeding of true potato seed. Am. potato J. 60 : 245-259.
8. Sadik, S. 1982. A bit of History. In : True Potato Seed Letter. International Potato Center, Lima, Peru. Vol. 2, No. 3.
9. Sakaguchi, S. 1982. Development of potato production system from true seed (TPS). Potato Sci. 2 : 43-49.
10. Sawyer, R. L. ; and S. Sadik. 1980. TPS for seed tuber production in China. In : True Potato Seed Letter. International Potato Center, Lima, Peru. Vol. 1, No. 2.
11. Taiwan Agricultural Research Institute. 1982. Annual Report 1981. P. 56-58.
12. Taiwan Agricultural Research Institute. 1983. Annual Report 1982. p. 64.
13. Tsao, S. J. 1981. Study on potato production by true seeds-tuber characteristics and yield. J. Agric. Res. China. 30 (4) : 378-384.
14. Wiersema, S. G. 1981. Seed tuber production from TPS. In : True Potato Seed Letter, International Potato Center, Lima, Peru. Vol. 2, No. 2.

利用種子生產馬鈴薯之栽培研究[1]

曹 幸 之[2]

摘 要

傳統的以種薯來繁殖馬鈴薯的栽培方法，因種薯感病常帶病原，必須在適當的隔離地區才能生產健康種薯，但種子則本身少帶病原，體積小，存放與運送均稱便，成本亦低，雖然由它生產馬鈴薯需時較用種薯者爲久，並會發生分離現象，但如選擇適宜親本，生產雜交種子，可以克服此缺點，另一方面如以種子育苗後再移植本田，又可縮短本田時間。若將由種子所生產的馬鈴薯當做種薯，供栽培之用，經此方法，每年採收種子栽種，即可每年更新種薯。本研究中進行了四項栽培試驗，一方面比較不同的種子族羣，期能尋選高產量的族羣，一方面探究適宜生產種薯的播種密度，但在植株生育中後期遇到連續陰雨，日照不足，使薯球產量與其乾物含量均偏低，以種薯栽植的 Kennebec 與 Cardinal 兩品種，單株產量均不足300公克，而實生苗所獲得的產量更低，部分試驗，表土甚淺，土質粘重，對於實生苗的不良影響也較顯著。綜合所得結果，認爲要廣集國外所研究欲推廣的種子，進行比較，可以較快速地選出適宜本省栽培的種子族羣，再進而生產該種子。種子經直播密植的方式，在小面積上即可生產許多小薯，這些薯球只要有近10公克重，即可做爲種薯，不但省去切薯工作，減少感染病害的機會，並可增加繁殖倍數，播種密度以10×10公分爲宜。在播種前，種子一俟經 GA 處理即應保持其潮濕狀態，若經 GA 處理又風乾才播種，出芽就會延緩好幾天。至於直播方式的選擇一撒播或點播，及爲縮短種薯所需冷藏時間的最適生產種薯時期，需另行探討。

1.臺灣省農業試驗所 研究報告第 1132 號。
2.本所園藝系副研究員。臺灣省 臺中縣 霧峰鄉。

中華農業研究 (Jour. agric. Res. China) 32(4)：348～359(1983)

水田滿江紅固氮之肥效及抑制稻田雜草之研究[1]

林 錫 錦[2]

摘要：本研究探討耐寒又耐熱滿江紅之本地種 *Azalla pinnata* (Da Li, Taiwan) 及 *A. microphylla* (Paraguay) 當綠肥以及與水稻共作時對第一期及第二期稻作之肥效，及它們與水稻共作時滿江紅生長迅速疊覆水面對抑制稻田雜草之效果。

插秧前 *A. pinnata* (Da Li, Taiwan) 及 *A. microphylla* (Paraguay)，養殖21天後當基肥滿江紅，其鮮重由 0.75 ton/ha 增加到 19 ton/ha，估計在冬天養殖21天後之氮素含量爲 N47kg/ha，夏天養殖21天後之氮素含量爲 N39kg/ha，它們的鮮重增加25倍。供試兩品系之滿江紅綠肥養殖時在寒冷的冬天（水溫 8—16°C））及炎熱的夏天（水溫 25—40°C））均長得很好，顯示兩品系均很適宜爲第一期及第二期稻作之綠肥，以及與水稻共作。掩施滿江紅當基肥之處理其穀產量等於施用化學氮肥 N60kg/ha 之處理。

滿江紅共作後若未埋入土中，並不能供給氮肥給當作的水稻。第一期作之共作滿江紅產量比第二期作者高。插秧後接種滿江紅與水稻共作，由於滿江紅生長迅速疊覆水面，幾乎完全抑制了水田的雜草生長，因此，可不必施用殺草劑。接種滿江紅共作區之穀產量亦比不接種滿江紅區者顯著增高，而與施用殺草劑區者相近。

在單位面積叢數一定之條件下，改變行距使成 10-40-10-40-cm 之 8 雙行式及12-55-12-55 cm 之 6 雙行式之結果，在 20 天共作期間內並不能增加滿江紅之產量。而就水稻產量而言，8 雙行與 6 雙行者均較一般行距者爲低。不過 8 雙行式之穀產量與一般行株距者之差異不顯著。改變行株距後加大之空間在水稻生長後期會孳生雜草形成明顯的雜草帶。

滿江紅由於葉內有固氮藍綠藻 *Anabaena azollae* 共生，具有高固氮力，其植體生長非常迅速，能與水稻共作，爲水田優良的綠肥 (2, 5, 7, 8, 11, 12) 。不佔空間很適合本省休閑期甚短之水稻栽培制度。

在越南及中國大陸，由於缺乏化學氮肥，滿江紅被廣爲應用於水田綠肥 (6, 12, 13) 。本省原有 *Azolla pinnata* 一種(2)，但有關利用滿江紅之研究一直付諸闕如。以本省能源蘊藏並不豐盛，又須消耗大量能源製造化學氮肥供應農業生產所須之情形下，以滿江紅之微生物固氮能力來減少水田化學氮肥使用甚具經濟價值。前年本研究室已解決滿江紅室內及室外之養殖問題 (2, 3) ，初步溫室試驗及田間試驗肥效甚好，以及初步證明滿江紅與水稻共作可兼有防草功能，然缺田間試驗證明。滿江紅不同品系間耐熱與耐寒力差異甚大，以前引進之品系如 *A. filiculoides* (West Germany) 雖耐寒，但含氮量低且生長慢。本地種 *A. pinnata* 頗耐寒及耐熱，71年本所林主任家棻由菲律賓國際稻米研究中心引進五種滿江紅品系，其中 *A. microphylla* (Paraguay) 及 *A. filiculoides* (Lima, Peru) 在本所田間栽培試驗顯示很耐寒，冬天經多次寒流來襲（氣溫降到 8°C）依然繁殖迅速，保

1.臺灣省農業試驗所 研究報告1133號。本研究受行政院農發會嘉華尿素基金補助，謹致謝忱。
2.本所農化系研究員。臺灣省 臺中縣 霧峰鄉。

持青翠，其他不耐寒之品系如 *A. pinnata* (Fuchow, China) *A. mexicana* (California, U. S. A.) 及 *A. mexicana* (Guiana) 於冬季生長停頓，全部變紅，含氮量極低，產生孢子。在滿江紅推廣以前尚須解決之問題爲：(1)尋求適合第一期作耐寒及適合第二期作耐熱之品系及其在水田綠肥之肥效，(2)利用滿江紅做稻田雜草之生物防治。本研究乃針對上述目的而進行，以作爲日後推廣之依據。

方法與結果

一、改變行株距對滿江紅產量與水稻生長影響試驗：

1. 方法：本試驗於70年二期作在農試所 21 號圃場進行，稻種選用臺農67號，滿江紅品系爲本地種 *A. pinnata* (Da Li, Taiwan) (4)，每試驗小區爲 $20m^2$ ($5m \times 4m$)，每處理4重複，各處理之氮肥用量（包括化學氮肥及滿江紅）使用則同表四肥效試驗中處理之6，而以行距25cm，株距 20cm。硫酸銨用量 N100kg/ha 者爲對照。每公頃磷鉀肥以 $P_5O_2-K_2O=80kg-60kg$ 使用，其中磷肥全數基施，60% 鉀肥作基肥，40% 鉀肥於水稻分蘗盛期追肥。滿江紅於插秧時同時接種，各區接種源爲 $75g/m^2$。水稻行株距處理分爲如下4種，但一定面積內插播稻苗叢數爲一定，藉以增加生長滿江紅之面積，各小區水稻叢數維持 400 叢。

（1）標準行株距 25×20cm，每小區 16單行，化學氮肥用量 N100kg/ha，以硫酸銨使用。無滿江紅共作。

（2）標準行株距 25×20cm，每小區 16 單行，化學氮肥用量爲 N60kg/ha，以硫酸銨使用，滿江紅共作 20 天。

（3）行距 10-40-10-40cm，株距離維持 20m，每小區8雙行，化學氮肥用量爲 N60kg/ha，以硫酸銨使用，滿江紅共作 20 天。

（4）行距 12-55-12-55cm，株距 15cm，每小區6雙行，化學氮肥用量爲 N60kg/ha，以硫酸銨使用，滿江紅共作20 天

在以上各處理中之滿江紅計算其鮮重量及含氮量，以估計全氮量若干。計算鮮重時每區採3點，每點1平方公尺，採樣每區取 50g 測定其含水量及含氮量外，其餘悉數放回。水稻成熟後做產量構成要素調查及計算實際穀產量。

2. 結果：在單位面積叢數一定，改變行株距使成8雙行式或是6雙行式的結果，在 20 天共作期間內並不能增加滿江紅的產量（表1）。而就穀產量而言，8雙行與6雙行者均較一般行株距者爲低。不過8雙行者與一般行株距者之差異並未超過5%顯著水準，而此二者與一般行株距，且施 N100kg/ha 之對照處理比較差異亦不超過5%顯著水準（表2）。改變行株距後加大之空間在二期作後期會孳生雜草，形成一條條明顯的雜草帶。

表1. 不同行距對共作滿江紅產量之影響（70年二期作共作期20天）

項目＼處理	鮮重量 (kg/ha)	乾物率 (%)	乾物含氮率 (%)	全氮量 (Nkg/ha)
6雙行	6,450 a	10.00	3.50	26.60 a
8雙行	6,565 a	10.00	3.55	23.30 a
16單行	7,125 a	9.50	3.44	23.30 a

※鄧肯氏新多重變域分析5%顯著水準。

表2. 滿江紅及改變行株距對水稻生長之影響（70年二期作）

處理別 \ 項目	穗數（支）	穗粒數（粒）	稔實率（%）	千粒重（克）	穀產量（公斤／公頃）
16單行，N100kg/ha	16.80	86.60	0.80	25.30	5,031 a
16單行，N60kg/ha ＋滿江紅共作	15.60	83.60	84.00	26.30	5,061 a
8 雙行，N60kg/ha ＋滿江紅共作	15.30	84.00	87.00	26.20	4,951 a
6 雙行，N60kg/ha ＋滿江紅共作	14.10	78.70	89.00	26.60	4,475 b

※鄧肯氏新多重變域分析 5 %顯著水準。

二、本地種耐熱又耐寒品系*A. pinnata*（Da Li, Taiwan）之肥效試驗：

1.方法：供試品種爲採自臺中大里耐熱之本地種 *A. pinnata*（Da Li, Taiwan）(4)。本試驗於70年二期作在農試所農場 21 號圃場進行，其土壤性質如表 3 。由於70年 1 月及12月田間試驗亦顯示本地種*A. pinnata*（Da Li, Taiwan）頗耐寒(4)，於71年一期作於上述 21 號圃場再作重複試驗，以檢定本地種 *A. pinnata*（Da Li, Taiwan）在一期作之肥效。試驗設計爲 6 處理 4 重複，共 24 小區，每小區面積爲 20 平方公尺（ 5 × 4 公尺）。採逢機區集設計。選用稻種爲臺農 67 號，於育苗箱育成後以人工插植，行距 25cm，株距 20cm ，基肥滿江紅分別於七月份及元月份於插秧前 21 天養殖，接種量爲 75g/m^2， 生長期間使用 P_2O_5 15kg/ha (3,5) 之過磷酸鈣，分三次用完。基肥滿江紅養成後每區採 50g 鮮重測定含水量及含氮量。其餘以人工埋入各滿江紅基肥區。共作滿江紅接種量爲 50g/ha ，插秧後立即接種，不再另外施肥。與水稻共作 20 天後採樣估計滿江紅產量，其方法同第一項改變行株距對滿江紅產量與水稻生長影響試驗中之方法。然後排水再以萌後殺草劑草霸王（Basagran 4.41%, 200x）殺死滿江紅。上述各處理均施磷鉀肥，其用量及使用方法同第一項改變行株距對滿江紅產量與水稻生長影響試驗中之方法。各處理之化學氮肥用量及滿江紅使用情形如表 4 。水稻於收成後作實際穀產量調查並以鄧肯氏多重變域分析比較處理在 5 %顯著水準之差異。

表3. 農試所21號圃場田土之化學性質分析※

質地	pH 值	有機物（%）	有效磷（ppm）	有效鉀（ppm）
沙質壤土	6.10	1.21	8.30	39.60

※本資料由農試所農化系土壤肥力研究室提供。

表4. 本地種耐熱又耐寒 *A. pinnata* 對水稻肥效試驗之氮肥來源（70年二期作及71年一期作）

處理代號	處理名稱	基肥	追肥	穗肥	備註
1	化學氮肥對照區*	45kg	30kg	25kg	化學氮肥用量爲 N100kg/ha
2	無氮區	0	0	0	
3	滿江紅共作	0	0	0	處理3、4、5、6之滿江紅接種源量皆爲 50g/m²
4	滿江紅基肥（70年二期作等於 N39kg， 71年一期作等於 N49kg）＋滿江紅共作	a. 39kg b. 49kg	0	0	以滿江紅爲基肥，於插秧前立即埋入，滿江紅生長期間爲21天
5	化學氮肥*＋滿江紅共作（A）	30kg	0	0	化學氮肥用量爲 N30kg/ha
6	化學氮肥*＋滿江紅共作（B）	30kg	15kg	15kg	化學氮肥爲 N60kg/ha

*化學氮肥使用硫酸銨。

2.結果：70年二期作之試驗中，基肥滿江紅養殖 21 天後，平均每區鮮重由 750kg/ha 增爲 18,500kg/ha，估計其氮素量由 N1.6kg/ha 增爲 39kg/ha(表5)。共作滿江紅養殖20天後平均每區鮮重由 500kg/ha 增爲 7043kg/ha，估計氮素量爲 N29kg/ha。本省夏天氣溫高，7月養殖滿江紅時之水溫爲 25—40°C。但滿江紅生長很好，顯示 *A. pinnata* (Da Li, Taiwan) 甚耐熱。又以上共作處理之滿江紅產量及全氮量並不因化學氮肥用量之不同而有所差異（表6）。就肥效而言，基肥滿江紅配合共作滿江紅處理及共作滿江紅配合化學氮肥 N60

表5. 基肥滿江紅產量及含氮量估計（生長日數21天）

稻作期別	鮮重量※ (kg/ha)	乾物率 (%)	乾物含氮率 (%)	全氮量 (N kg/ha)
70年二期作	18,500	7.3	2.9	39
71年一期作	18,770	9.0	2.9	49

※接種源 750kg/ha 鮮重滿江紅品系爲 *A. pinnata* (Da Li. Taiwan)

表6. 不同氮肥用量對共作滿江紅 *A. pinnata* (Da Li, Taiwan) 產量之影響（共作期20天）

代號	項目 / 處理	鮮重量 (kg/ha) 70年二期作	鮮重量 (kg/ha) 71年一期作	全氮量 (Nkg/ha) 70年二期作	全氮量 (Nkg/ha) 71年一期作
4*	滿江紅基肥區	7,575 a**	12,750 a	29.8 a	37.2
3	無氮區	7,090 a	10,750ab	29.0 a	34.2
5	硫銨使用區(A)（N30kg/ha）	6,565 a	9,041 b	27.5 a	31.2
6	硫銨使用區(B)（N30kg/ha，滿江紅共作後再施化學氮肥追肥及穗肥）	6,940 a	9,791 b	27.6 a	25.2

*肥效試驗之處理代號。
**鄧肯氏新多重變域分析5%顯著水準。

kg/ha 處理者其平均穀產量分別爲 5,040kg/ha 及 5,090kg/ha 與化學氮肥 N100kg/ha 處理之 5,121kg/ha 相似。三者間之差異不超過 5 % 顯著水準。只有共作滿江紅無化學氮肥處理者及共作滿江紅配合化學氮肥 N30kg/ha 處理者其平均穀產量分別爲 4,064kg/ha 及 4,292kg/ha，與不施任何氮肥處理之 37,18kg/ha 相似。三者間之差異亦在 5 %顯著水準以內。但後三者與前三者比較差異則超過 5 %顯著水準。因此以穀產量間之差異而言，滿江紅當基肥配合滿江紅共作能有節省40%以上化學氮肥用量之效果（表 7）。

表7. 本地種耐熱又耐寒品系 *A. pinnata* (Da Li, Taiwan) 對水稻之肥效試驗

處理別＼項目	穀產量 (kg/ha) 70 年二期作	穀產量 (kg/ha) 71 年一期作
1. N100kg/ka	5,121 a*	5,350 a*
6. N60kg/ka ＋滿江紅共作	5,090 a	4,650 abc
4. 滿江紅基肥＋滿江紅共作	5,040 a	4,916 ab
5. N30kg/ka ＋滿江紅共作	4,292 b	4,016 bc
3. 滿江紅共作	4,064 b	3,916 c
2. 無氮區	3,718 b	3,900 c

*鄧肯氏新多重變域分析 5 %顯著水準。

71年一期作之試驗中，基肥滿江紅養殖 21天後，平均每區鮮重由 750kg/ha 增爲 18,770kg/ha，估計其氮素量由 N1.9kg/ha 增爲 49kg/ha （表 5）。共作滿江紅養殖 20 天後平均每區鮮重由 500kg/ha增爲 10,583kg/ha，估計其氮素量爲 32kg/ha。元月份氣溫爲全年最低時，遇到寒流來時氣溫低到 8—10°C，但滿江紅基肥養殖生長很好，顯示 *A. pinnata* (Da Li, Taiwan) 亦很耐寒適合一期作(圖 1 A)。71年一期作之共作滿江紅之產量及其全氮量以滿江紅基肥或無氮之處理者較施用化學氮肥者高（表 6）。71年一期作之共作滿江紅產量比70年二期作者高（表 6）。顯示春天共作時（三月）天氣涼爽，共作滿江紅生長比夏天共作時（八月）好。就肥效而言，其結果與70年二期作相似，基肥滿江紅配合共作滿江紅處理及共作滿江紅配合化學氮肥 N60kg/ha 處理者其平均穀產量分別爲 4,916kg/ha及 4,650kg/ha，與化學氮肥 N100kg/ha 處理之 5,350kg/ha 相似，三者間之差異不超過 5 %顯著水準。只有共作滿江紅無化學氮肥處理者及共作滿江紅配合化學氮肥 N30kg/ha 處理者平均穀產量分別爲 3,916kg/ha 及 4,016kg/ha，與不施氮肥處理之 3,900kg/ha 相似，三者間之差異亦在 5 %顯著水準以內。以穀產量間之差異而言，與70年二期作之結果相似，證明本地種 *A. pinnata* 亦適合一期作。滿江紅基肥配合滿江紅共作可減少40%以上化學氮肥用量之效果（表 7）。

三、耐寒品系滿江紅大面積肥效比較試驗：

1. 方法：本試驗於71年12月至72年 6 月在農試所農場之 55 號圃場進行，其土壤性質如第二項之 21 號圃場。由於71年一期作之試驗結果，顯示本地種 *A. pinnata* (Da Li, Taiwan) 亦耐寒適合一期作，及新引進之*A. microphylla* (Paraguay) 亦比其他新引進之品系耐寒且生長速率快[4]，乃選擇上述兩品系推廣爲大面積之肥效比較試驗，其試驗設計如下：

（1）田間設區：試驗共分爲四區，設於表 8 之四種處理，每區面積爲 500 平方公尺，因屬大面積栽培試驗，不作重複。稻種用臺農67號於育苗箱育成後以機械播植，行距 25cm，株距 20cm，將來每區收穫後比較其稻穀產量之差別。

（2）滿江紅栽培及調查：插秧前一個月正月時爲全年氣溫最低的月份，先於稻田養殖滿江紅，接種量爲 75g/m^2，接種後施用 P_2O_5 15kg/ha 之過磷酸鈣。插秧前滿江紅長滿水

面疊層已可掩埋爲目標。掩埋前每區各取5平方公尺的滿江紅以調查鮮物及乾物產量（分5點，每點1平方公尺），稱重後再倒回，並於每區逢機取樣分析其含氮率。插秧前整地時約 90% 之滿江紅掩埋入土中，其他漂浮於水面之滿江紅插秧後讓它自己在水田生長並與水稻共作。

（3）水稻施肥：分爲4種施肥方式，各處理均施同量磷鉀肥，其用量爲 $P_2O_5$60kg/ha，K_2O 50kg/ha，磷肥用過磷酸鈣，悉數當基肥。鉀肥用氯化鉀，分兩次使用，其中K_2O30kg/ha當基肥，20kg/ha 於插秧後 30 天使用。各處理之氮肥（包括化學肥料及滿江紅）用量及用法如表八。

表8. 滿江紅耐寒品系大面積肥效比較試驗之水稻施肥方法（72年一期作）

處理代號	處理名稱	化學氮肥 Nkg/ha				備註
		基肥	追肥	穗肥	合計	
1	掩施 *A. microphylla* (Paraguay)	0	0	0	0	插秧一週前滿江紅生長全量埋入土中當基肥
2	掩施 *A. pinnata* (Da Li, Taiwan)	0	0	0	0	同上
3	化學氮肥半量區*	27	18	15	60	
4	化學氮肥全量區*	54	36	30	120	

*化學氮肥使用硫酸銨

2.結果：本研究室選出之耐寒品系冬天生長很好，*A. pinnata*(Da Li, Taiwan)及 *A. microphylla* (Paraguay) 從71年12月先接種在種源苗田繁殖及72年1月中接種到試驗田繁殖爲基肥用滿江紅時，適逢多次寒流來襲（氣溫降到 8°C），依然保持青翠，且繁殖迅速，（圖1）。72年2月中旬滿江紅養殖一個月後，已疊層覆蓋水面可掩埋爲基肥，適逢連續陰雨，水稻無法插秧，滿江紅基肥因此養殖了47天。由於連續下雨及吹北風，有的滿江紅沉澱到水田下被淹死，尤其 *A. microphylla* (Paraguay) 下沉甚多，插秧前估計之基肥滿江紅之產量僅爲浮在水面上之鮮體者，並不能代表全部基肥滿江紅之產量。滿江紅養殖47天後，*A. pinnata* (Da Li, Taiwan) 之鮮重由 750kg/ha 增加到 19,125kg/ha，估計其含氮量由 N1.9kg/ha 增爲 N47kg/ha。*A. microphylla* (Paraguay) 之鮮重由 750kg/ha 增加到 16,500kg/ha，估計其含氮量由 N2.1kg/ha 增爲 N47kg/ha （表9）。插秧前整地時未全埋入土中之滿

表9. 基肥滿江紅產量及含氮率估計（72年一期作，生長日數47天）

滿江紅品系	鮮重量 (kg/ha)	乾物率 (%)	乾物含氮率 (%)	全氮量 (kg/ha)
A. pinnata (Da Li, Taiwan)	19,125	9.2	2.69	47
A. microphylla (Paraguay)	16,500	8.4	3.38	47

江紅，於插秧後在水田繼續生長與水稻共作。基肥滿江紅對稻穀產量之肥效甚好，掩施*A. pinnata* (Da Li, Taiwan) 爲基肥之處理其穀產量爲 6,044kg/ha（其指數爲施全量化學氮肥之94，比施

半量化學氮肥（N60kg/ha）處理之穀產量 5,464kg/ha（其指數爲施全量化學氮肥之85）還高。掩施 *A. microphylla*（Paraguay）爲基肥之處理其穀產量爲 5,396kg/ha ，亦與施半量化學氮肥（N60kg/ha）者相似（表10及圖２），顯示滿江紅當基肥其肥效約可節省一半的化學氮肥施用量。就肥效而言，*A. pinnata*（Da Li, Taiwan）較優於 *A. microphylla*（Paraguay）。

表10． 耐寒品系滿江紅大面積肥效比較試驗對水稻穀產量之影響

處理 \ 項目	穀產量（kg/ha）	指數
化學氮肥全量區（N120kg/ha）	6,438	100
化學氮肥半量區（N60kg/ha）	5,464	85
掩施 *A. pinnata*（Da Li, Taiwan）	6,044	94
掩施 *A. microphylla*（Paraguay）	5,396	84

四、利用滿江紅抑制稻田雜草試驗：

1.方法：本試驗亦於72年一期作在農試所農場21號圃場進行。

（１）田間設區：水稻品種爲臺農 67 號，滿江紅品系爲本地種 *A. pinnata*（Da Li, Taiwan）。每區面積爲202.5 平方公尺（15公尺×13.5公尺）。因係大面積試驗故不作重複。

（２）水稻栽培：

稻種用臺農 67 號於育苗箱育成後以機械插植，行株距 25×20cm，每區收穫後比較其稻穀產量之差別。

（３）滿江紅栽培及雜草調查：

插秧後立即接種滿江紅，接種量分爲 0g/m^2，100g/m^2，200g/m^2，300g/m^2(如表11)。滿江紅與水稻共作20～30天後各區採樣計算滿江紅產量、雜草數量及雜草相。不接種滿江紅區於插秧後施用「馬上除」除草劑 30kg/ha ，以後即不再作任何除草工作，各區之雜草生長情形攝影留作比較，將來水稻收穫後並比較各不同處理之穀產量差異。

（４）水稻施肥：

各區肥料施用以標準施肥方式進行之，氮肥用量爲 N100kg/ha ，氮肥用硫酸銨，因爲硫酸銨不會抑制滿江紅的固氮（３）。其中 45% 當基肥， 30% 當追肥，25%爲穗肥，磷鉀肥之用量與施用法同第一項試驗中之方法。

表11. 接種滿江紅抑制稻田雜草之處理（72年一期作）

處理編號	滿江紅	殺草劑
1	接種 *A. pinnata*（Da Li, Taiwan）100k/m^2	不施用
2	接種 *A. pinnata*（Da Li, Taiwan）200k/m^2	不施用
3	接種 *A. pinnata*（Da Li, Taiwan）300k/m^2	不施用
4	不接種滿江紅	不施用
5	不接種滿江紅	施用馬上除 30kg/ha

2 結果：插秧後即接種滿江紅，由於滿江紅生長快，迅速覆蓋水面，抑制了大部份雜草之萌生（表12）。接種滿江紅一個月後之接種區，其抑制雜草之效果等於施用「馬上除」 30kg/ha 之處理，幾乎完全抑制了稗草（*Echinochloa crus-galli*）及球花蒿草（*Cyperus difformis*）之萌生，僅有少數之鴨舌草（*Monochoria vaginalis*）、螢藺（*Scirpus juncoides*），及紅骨草（*Rotala indica*）之長出（圖 3 ）。滿江紅由 100～300g/m^2 之不同接種量對防治雜草之效果均相似，但稻穀產量則以 100g/m^2 之處理為最高。不接種滿江紅又不施殺草劑之處理區，不但雜草數比接種滿江紅區或施殺草劑區多，而且雜草種類亦比較多（圖 4 ）。各處理區雜草之出現數以鴨舌草最多，其他依次為螢藺，紅骨草，稗草及球花蒿草（表12）。接種滿江紅處理之各區其穀產量均比不接種滿江紅處理區高，而與施殺草劑處理區之穀產量相似（表12）。

在調查雜草相及雜草數之前幾天，天氣乾旱炎熱發生蟲害，僅經過週末數天，滿江紅被害殆盡，施用 3 %好年冬已來不及控制蟲害，未能估計各接種滿江紅區之滿江紅共作之產量。當滿江紅長滿疊層水面時若遇到天氣炎熱乾旱時，滿江紅就容易發生蟲害與病害。由第二項71年同樣一期作共作滿江紅產量之試驗結果，共作滿江紅共作20天後之鮮重為 10,000kg/ha左右。

表12.接種滿江紅與水稻共作對稻田雜草抑制之效果（72年一期作）

處理編號	處理 ＼ 項目	雜草相及雜草數（株）/0.5m^2（三重複之平均）					穀產量	
		鴨舌草	螢藺	紅骨草	稗草	球花蒿草	kg/ha	指數
4	不接種滿江紅，不施殺草劑	723	114	33	17	8	4,998	74
1	接種滿江紅 100g/m^2, 不施殺草劑	55	48	6	0	0	6,603	98
2	接種滿江紅 200g/m^2, 不施殺草劑	41	18	14	3	0	5,921	88
3	接種滿江紅 300g/m^2, 不施殺草劑	21	9	2	0	0	6,272	93
5	不接種滿江紅，施用殺草劑「馬上除」30kg/ha	53	11	0	0	0	6,736	100

註：滿江紅接種源用本地種 *A. pinnata* (Da Li, Taiwan)
※雜草相及雜草數於插秧接種滿江紅一個月後調查。

討 論 與 結 論

改變行株距會造成穀產量降低，且後期導致雜草孳生，因此並無實質上之益處。不過若考慮共作滿江紅拌入土中以保全肥效時之操作方便，則 8 雙行式可被加以應用。不過變換行株距處理中加大之空間因水稻植株無法有效覆蓋，因此在稻作後期會形成明顯的雜草帶。

不耐熱帶，亞熱帶地區夏季高溫及不耐亞熱帶、溫帶地區冬天低溫是一般使用滿江紅之主要限制因子（8 ，9 ，10，14）但本文所用之本地種 *A. pinnata* (Da Li, Taiwan) 對夏季高溫之反應相當良好，在水溫 25～40°C 下 21 天內鮮重可增加25倍以上。72年夏天之田間栽培試驗顯示*A. microphylla* (Paraguay) 與 *A. pinnata* (Da Li, Taiwan) 一樣亦比其他諸品系耐熱（ 4 ）。三年來由本實驗室之研究結果，除非像今年（72年）夏季特別炎熱乾旱（水溫 25～42°C），七、八月時中午12時至下午 2 時之水溫高達 42°C，有時甚至高達 45°C，易生蟲害及熱害；否則本省二期作使用滿江紅可不必顧慮高溫問題。本省雖然地處亞熱帶，但是冬天寒流來襲時氣溫降到 8°C左右，不耐寒

之品系如 *A. pinnata* (Fuchow, China)、*A. mexicana* (California, U. S. A.) 及*A. mexicana* (Guiana) 等品系於冬季生長停頓，全部變紅，含氮量極低， 無法適合於一期作前之基肥用滿江紅養殖外。然而本文所用之本地種 *A. pinnata* (Da Li, Taiwan) 及 *A. microphylla* (Paraguay) 很耐寒，元月份氣溫最低時 (降到 8°C) 仍然長得很濃綠，且繁殖迅速疊層水面， 冬天又無蟲害問題，因此本省一期作使用滿江紅亦不必顧慮低溫問題。

在肥效試驗結果中，只有滿江紅共作者與無氮區比較事實上並無顯著肥效可言。但滿江紅拌入土中當基肥配合滿江紅共作則肥效與 N60kg/ha 相同或接近 N100kg/ha (表 7) ，因此顯然可看出滿江紅之肥效主要是來自拌入土中的滿江紅鮮體。這亦在其他的研究中被證實過[14]。 不過滿江紅覆蓋水面或土面對減少化學氮肥之逸失應有相當的助益，因此滿江紅共作配合化學氮肥N60kg/ha 者肥效亦與 N100kg/ha 者相似。又72年一期作滿江紅基肥處理者 (N47kg/ha) 其肥效與化學氮肥 N60 kg/ha之處理者相同或以掩施 *A. pinnata* 者較優 (表10) ，可能因為施用化學氮肥容易流失或易被脫氮細菌進行脫氮作用逸失，而滿江紅基肥之肥效是緩慢性的，以及滿江紅還含有其他有機質有益水稻之營養素如磷等之有效性元素。

由於滿江紅氮素是以有機氮形式存在，因此其肥效之釋放自然要比化學氮肥緩慢。 Watanabe (1977) 認為滿江紅肥效要在 3 — 7 星期間方可大量釋放[14]。本文就觀察水稻生長情形而言亦發現有基肥滿江紅處理之水稻在 2 星期後葉色轉綠，生長加快且可維持至近孕穗期時。而在插秧後初期及近孕穗期後生長情形並不很好。因此日後在使用滿江紅方法上，秧期加施少量化學氮肥及保全共作滿江紅之肥效將是必須的。

插秧後即接種滿江紅 ， 由於滿江紅生長迅速疊覆水面 ， 對大部分水田雜草都有抑制的作用，其防治雜草之效果與施用「馬上除」殺草劑相似 ， 這亦在本實驗室之溫室及初步田間試驗予以報導[5]。Moore (1969)及 Rains and Talley (1979) 也報導滿江紅能抑制水田雜草之生長，[8,10] 在肥效試驗中亦觀察到有滿江紅共作之各試驗區在共作期間內，除鴨舌草與雙雀稗草 (*Paspalum distichum*) 外，其他水田雜草甚少發生。在共作期間後由於水稻植被迅速覆蓋空間，自有防草功能，因此不必再有任何防草工作。最近美國環境保護局發現有很多殺草劑為致癌物或產生 Dioxin ，造成嚴重的環境污染而被禁止使用[1,9]。因此利用滿江紅做為水田雜草之生物防治在今後之水田作物栽培上將有很實用的價值。又滿江紅蛋白質含量高達35%[10]，經本實驗室以 Amino acid analyzer 分析發現含有多種不同的氨基酸成分，鷄鴨及豬嗜食之。將來可利用水田養殖滿江紅供為飼料，或滿江紅與水稻共作長滿水面時一面可以抑制雜草之生長，一面可當飼料讓鴨群到稻田裏喂食之[7]。

綜而言之，滿江紅由於具有高固氮力、生長迅速，在養殖過程中只要施用少量的磷肥 (P_2O_5 15 kg/ha) 外，不必再施用任何肥料即可長得很好。本研究中證明滿江紅確是非常優良的一種水田綠肥又可抑制雜草，其經濟潛力不可限量，但在使用上有待進一步改進與簡化。

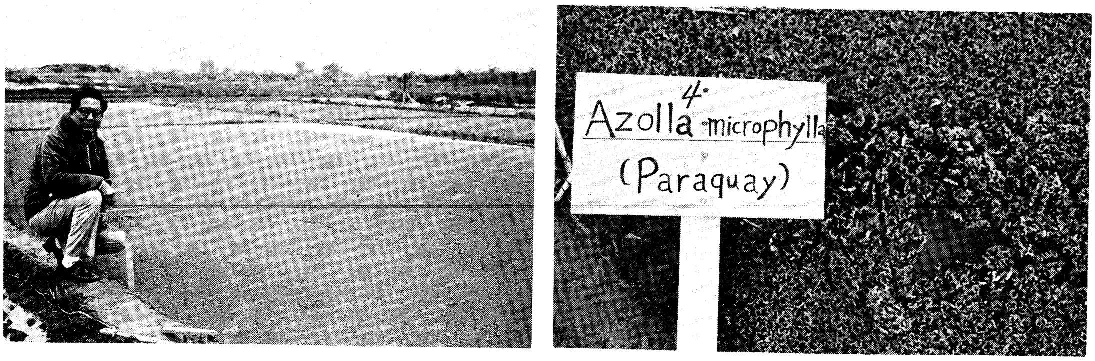


圖1. 本地種 *Azolla*、*pinnata* (Da Li, Taiwan) 及 *A. microphylla*(Paraguay) 插秧前，養殖21天後當基肥滿江紅，其鮮重由 0.75ton/ha 增加到 19ton/ha，估計在冬天元月氣溫最低的月份養殖21天後之氮素含量爲 N47kg/ha。夏天養殖 21 天後之氮素含量爲 N39kg/ha。A 爲冬天 *A. pinnata* (Da Li, Taiwan) 養殖 21 天後滿江紅疊層水面之情形。

B 爲 *A. microphylla* (Paraguay) 與本圖之 A. 同時期於冬天元月養殖21天後疊層水面之情形。

圖2. 掩施*A. microphylla* (Paraguay) 或*A. pinnata* (Da Li, Taiwan)當基肥，其穀產量等於施用半量化學氮肥 N60kg/ha 。本圖爲收穫前之照片，由肉眼看，掩施*A. microphylla* (Paraguay) 之稻穀結穗量與穀飽率與施用半量化學氮肥者亦相似。

圖3. 插秧後即接種滿江紅 *A. pinnata* (Da Li, Taiwan)，由於滿江紅生長快迅速疊覆水面，幾乎完全抑制了雜草之生長。

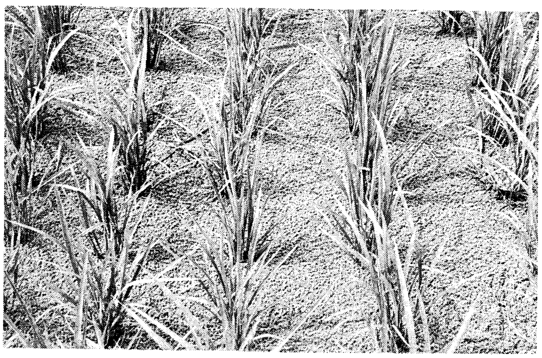


圖4. 插秧後未接種滿江紅又未施殺草劑之稻田，雜草孳生。

參 考 文 獻

1. 時報周刊・1983・Vol 280：110—114 及 Vol. 283：6—19
2. 李啓彰、林錫錦、林家棻・1981・水田滿江紅 *Azolla pinnata* 之研究 I.境環因子對滿江紅生長之影響・中華農業研究30：405—411
3. 李啓彰、林錫錦、林家棻・1982・水田滿江紅 *Azolla pinnata* 之研究 II.土壤與肥料因子對滿江紅生長之影響・中華農業研究31.（3）：225—234
4. 林錫錦・1981—1983・本省耐寒及耐熱滿紅紅品系之篩選・（Personal communication）
5. Lee, C. C. andC. J. Lin. 1981. The possibility of using azolla as a source of nitrogen for rice in Taiwan. Soil and Fertilizers in Taiwan 1980-1981 ：35-43
6. Liu, chung chu. 1979. Use of azolla in rice production in China. In Nitrogen and Rice. p375—394 IRRI.
7. Lumpkin T. A. and D. L. Plucknett. 1980. Azolla：botany, physiology, and use as a green manure. Economic Botany 34：111-153
8. Moore, A. W. 1969. Azolla：biology and agronomic significance. The Bot. Rev. 35：17-34
9. Newsweek. July 11,1983, p46-47 and July 18, 1983,p26-35
10. Rains, D. W. and S. N. Tolley. 1979. Use of azolla in North America. In Nitrogen and Rice. p419-431. IRRI.
11. Talley S. N. and B. J. Talley. 1979. Nitrogen-fixation by azolla in rice fields. In Genetic Engineering for N_2-fixation. plenum press ed. D. A. Hollaender et al. N. Y. p259-281.
12. Tran Quang Thuyet and Dao The Tuan. 1973. Azolla：a green manure. Agricultural Problems Vol. 4, Vietnamese Studies No. 38：119.
13. Tuan, D. T. and T. Q. Thuyet. 1979. Ues of azolla in rice production in Vietnam. In Nitrogen and Rice. p395-405. IRRI.
14. Watanabe, I., G. R. Espinas, N. S. Berja and B. V. Alimagno. 1977. Utilization of the azolla-anabaen acomplex as a N fertilizer for rice. IRRI. Res. Pap. Ser. 11. 15pp.

Studies on the Fertility of Azolla for Rice and the Suppression of Weeds by Azolla Mats in Rice Paddies

C. J. Lin[2]

Summary

Cold and hot-resistant strains of *Azolla pinnata* (Da Li, Taiwan) and *A. microphylla* (Paraguay) were studied for their potential for using as a source of N for the 1st and 2nd rice crops, and studied for the effect of the azolla mats on suppressing weeds in rice paddies.

Twenty-one days after both strains of *A. pinnata* (Da Li, Taiwan) and *A. microphylla* (Parguay) were grown as a sole crop for basal green manure, the fresh azolla biomass were increased from 0.75ton/ha to 19ton/ha, which contained 47 and 39 kg/ha of N for the 1st and 2nd rice crops, respectively. Its fresh weight increased 25 times within 21 days of cultivation. Both strains of azolla grow very well in cold Winter (water temperature 8—16°C) and hot Summer (water temperature 25—40°C) , they are suited for use as a green manure and a dual culture for both 1st and 2nd rice crops. Both strains of the fresh azolla incorporated into soils as basal green manure gave grain yield equal to the yield of applying 60kg/ha of chemical N fertilizer. Without incorporation of the azolla into soils, the azolla dual culture with rice could not supply N for the concurrent rice crop.

The yield of the azolla in the dual culture with the 1st rice crop was higher than that of the 2nd rice crop. During the dual culture with rice, the rapid growth of the azolla can result in thick mats which are capable of choking out the growth of most weeds in rice paddies. Thus, the application of herbicide is not necessary. With the azolla inoculation plot, the grain yield was much higher than that of the control plot and almost equal to that of the herbicide application plot.

With the same number of rice plant maintained in the same area, the grain yields of both 8 double line (10-40-10-40cm) and 6 double line (12-55-12-55cm) were lower than that of normal 16 single line (25-25-25-25cm) treatment. However, the difference between 8 double line and 16 single line was not significantly different. The yield of azolla dual culture with rice for both double line systems were not different from that of single line system. The enlarged space of both double line systems were found to be bound in weeds after the panicle initiation stage of rice plants.

---

1. Contrilution No. 1133 from the Taiwan Agricultural Research Tnstitute. This study was supported by a urea research grant from Council for Agricultural Planning and Development ROC.

2. Senior Soil Microbiologist, Department of Agricultural Chemistry, TARI, wufeng, Taichung, Taiwan 431, ROC,

中華農業研究 (Jour. agric. Res. China) 32(4)：360～366 (1983)

臺灣水稻新病害—稻細菌性穀枯病[1]

簡錦忠　張義璋　廖英明　歐世璜[2]

摘要：本省中南部於1982年第二期作之乳熟期水稻發現一種穀粒新病害。被害穀粒初呈蒼白色漸變爲灰白色或淡黃褐色，內外穎先端或基部呈紫褐色，護穎常呈紫褐色至暗紫褐色，穗軸及枝梗則健全而呈綠色；罹病穀多呈不稔，若能稔實，其糙米大多萎縮畸形，一部分或全部變爲灰白色、黃褐色或濃褐色，患部與健全部界限明顯。由病穀上共分離得到13個細菌菌株，依照柯氏法則(Koch's Postulates)，經二次接種及再分離之結果證實確爲本病之病原。選取 B_9、O_1 及 P_4 等3個菌株進行形態及生理試驗，本菌呈革蘭氏陰性、桿狀、鞭毛單極生、好氣性、在 NA 培養基上呈白色稠狀菌落，可液化白明膠，可還原 litmus milk 及 nitrate，可產生氨，可水解 Tween 80，有卵磷脂酵素作用，略可在4%食鹽下生長，Koras' oxidase activity 測試觀察20秒後呈正反應；methyl red test 及 arginine dihydrolase 爲負反應，不產生螢光色素、H_2S、indole 及 leavan。本菌最好的生長溫度爲28°C，最高生長溫度在40°C以上，最低溫度爲8～12°C。根據以上諸特性，本病原菌應屬 *Pseudomonas glumae* Kurita et Tabei.

1955年秋季日本福岡縣水稻 Benesengoku 品種在乳熟期的綠色稻穗上，有一半不稔穀粒之病變。後藤(5)經鏡檢發現病組織有細菌溢出物，經分離接種後確定爲一種新的細菌性病害，1956年訂名爲「稻籾枯性細菌病」，同氏等並於1958年報告較詳細之分離接種結果，但未將病原細菌定名。至1967年栗田及田部(6)方完成病原菌之生理特性試驗，認爲係一新種並訂名 *Pseudomonas glumae* Kurita et Tabei。據推測(2)可能早於1950年即有本病發生，爾後每年發生面積差異甚大。最近因栽培方式之變遷，被害面積有增加之趨勢(2,3)，1975年日本九州北部約有9萬公頃發生，防治極爲困難(2)。植松(8,9)又報告本病原菌可以引起育苗箱幼苗腐敗症，爲一新問題，頗受重視。

本省1982年第二期稻作在中南部地區之臺南5號及臺農67號水稻田，發現有類似後藤報告之穀枯病症。被害稻穀經鏡檢、分離、接種等試驗，證實確爲細菌所引起之穀枯病。茲將初步結果敍述之，以供參考。本試驗第二次接種用水稻蒙本所農藝系曾東海先生提供，謹此誌謝。

材料與方法

一、分離與接種：

分別由臺中及屏東採集病害稻穗，將罹病穀先以1%次氯酸鈉(sodium hypochlorite)表面消毒1分鐘，再以無菌水漂洗三次後，將穀粒剝開，其糙米及稻穀分別平放於 NA (nutrient agar) 平板上。或將表面消毒過之穀粒加無菌水磨碎，取其汁液在NA平板上劃線。上述平板置於室溫(26±2°C)下培養48小時，即可見圓形乳白色細菌菌落出現。挑取單一菌落以無菌水稀釋後，劃線純化連續共三次。由兩種分離方法共得到13個菌株，並參與試驗。純化後之菌株均以 NA 斜面培養保

1.臺灣省農業試驗所　研究報告第1134號。

2.本所植病系研究員、助理研究員、助理研究員及國科會特約講座。臺灣省　臺中縣　霧峰鄉。

存。

本試驗於1982年10月4日17時左右在本所農場稻田進行第一次接種，接種後分別套以塑膠袋5天或不套袋，另加套袋與不套袋兩個對照共4種處理。於同月21日17時左右，增加供試菌株進行重複試驗，本次接種後不套袋。兩次接種均以培養72小時之細菌斜面調製濃度約為 10^8 個細菌／ml 懸浮液，以噴霧器均勻噴灑於抽穗期之稻穗上。

二、分離菌株之外形及生理特性：

由前項病原性測定後，選取具病原性之菌株包括 B_9、O_1 及 P_4 等共3個菌株，進行單菌落培養，並移植於NA 斜面，於 28°C 下培養 48 小時，供下列各項生理性質及外形觀察用。測定時參照 Munual of Microbiological Methods(12) 及富永氏(7)之方法進行。共計觀察及測定包括 cell shape, flagellum, Gram stain, relation to O_2, colony type, fluorescin, hydrolysis of gelatin, litmus milk action, reduction of nitrate, production of ammonium、indole、H_2S and leavan, acid from glucose、lactose、sucrose and rhamnose, methyl red test, Tween 80 hydrolysed, lecithinase activity, oxidase activity, arginine dihydrolase, 4% salt tolerance, growth rate 等項目，記錄時以正反應 (positive, +) 及負反應 (negative, −) 表示各項測定結果。

結　果

一、病徵：

細菌性穀枯病發生於水稻齊穗後，乳熟期之綠色穗中，有初呈蒼白色而且似缺乏水份狀萎凋的罹病穀粒。被害穀漸變為灰白色或淡黃褐色，內外穎之先端或基部變紫褐色，護穎呈暗紫褐色。其穗軸及枝梗皆為健全綠色（圖 1 A, C）。每一被害稻穗之罹病穀粒約為 10～20 粒，但發病激烈則有一半以上之穀粒枯死。被害嚴重之稻穗呈直立狀而不易彎曲（圖1 A）。罹病穀多呈不稔，若能稔實，其糙米大多萎縮且畸形，糙米之一部分或全部變為灰白色，黃褐色或濃褐色，患部與健全部界限明顯，多呈褐或濃褐色帶狀之境界（圖1 E）

表1. 細菌性穀枯病菌之病原性*

Table 1. The pathogenicity of *Pseudomonas glumae* on rice grains*.

處理 Treatment	正常穀粒百分率 % of normal grains		病害穀粒百分率 % of diseased grains		
	飽實粒 Full grains	空粒 Empty grains	半飽粒 Half-full grains	空粒 Empty grains	合計 Total
接種及套袋 Inoculated and covered	32.0c**	2.6	19.6h	45.8n	65.4z
接種未套袋 Inoculated only	67.3b	3.8	14.7h	14.1m	28.8y
套袋對照 Covered only	91.9a	8.1	0g	0l	0x
未套袋對照 Non-treated control	97.4a	2.6	0g	0l	0x
5% LSD	17.5	N. S.	6.6	12.8	15.1

*供試病原菌＝O_1菌株；供試水稻＝臺農67號。

The tested pathogen=isolate O_1; the tested rice=Tainung 67.

**英文字母相同者為 FLSD 測試5%基準差異不顯著。

Numbers followed by the same letter are not signicantly different at the 5% level by FLSD Test.

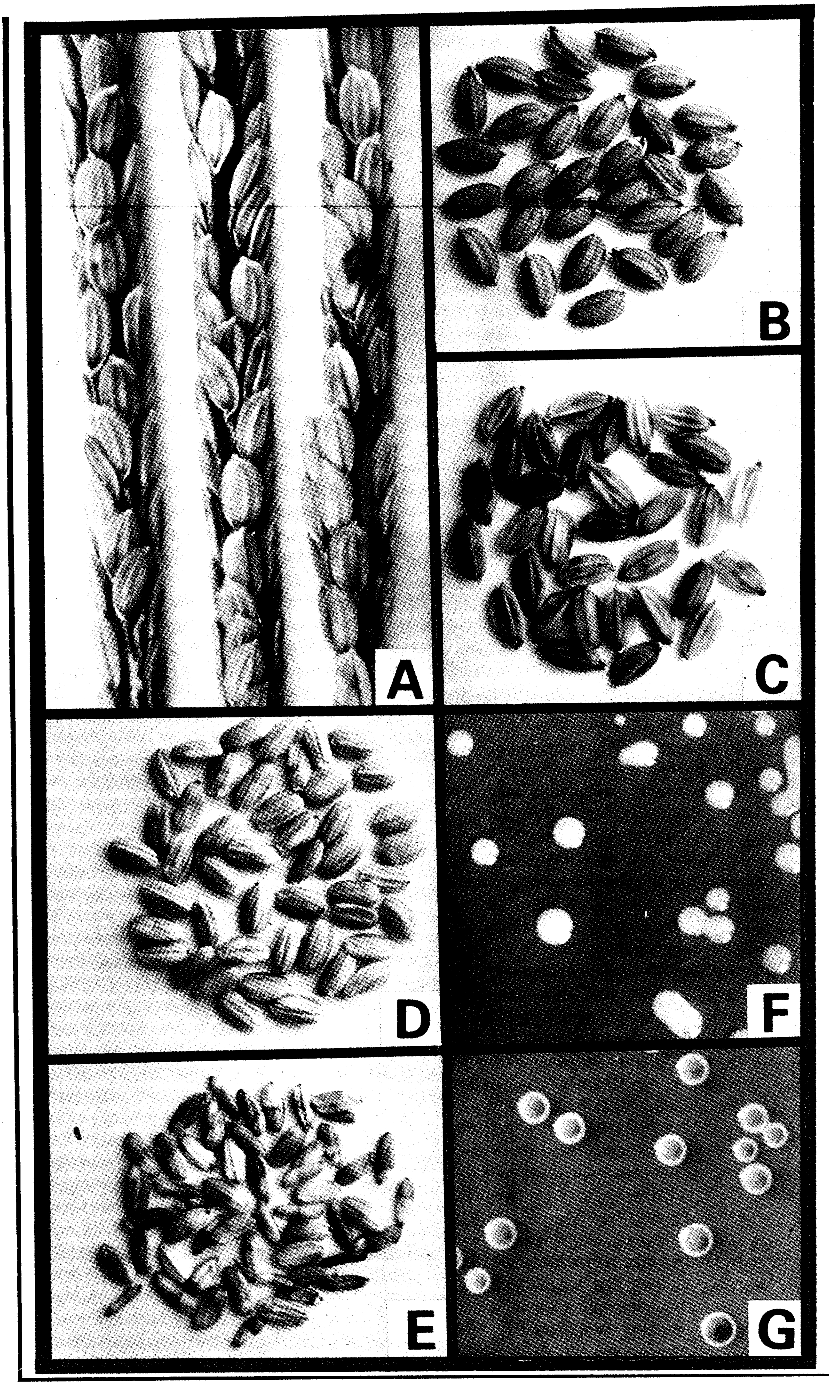


圖1. 乳熟期水稻細菌性穀枯病之病徵及病原菌之菌落形態。病穗（A）；健全（B）及被害（C）穀粒；健全（D）及被害（E）糙米；病原菌在 NA 培養基（F）及 TTC 培養基（G）上之菌落形態。

Fig. 1. Symptoms of bacterial grain rot of rice at milky stage and colony type of the pathogen.
Infected panicles (A); health (B) and infected (C) grains; health (D) and infected (E) hulled rice; colony type on nutrient agar (F) and triphenyl-tetrazolium-choloride medium (G), respectively.

表2. 不同菌株間病原性之差異*

Table 2. The difference of pathogenicity among the isolates of *Pseudomonas glumae**

菌株 Isolate	正常穀粒百分率 % of normal grains		病害穀粒百分率 % of diseased grains		
	飽實粒 Full grains	空粒 Empty grains	半飽粒 Half-full grains	空粒 Empty grains	合計 Total
B 3	53.6 cd**	21.8	4.7 h	19.9 mnop	24.6 stuv
B 5	55.3 bcd	15.2	9.3 hi	20.2 mnop	29.5 uv
B 6	75.9 ab	15.6	3.4 h	5.1 lm	8.5 rs
B 7	45.6 cd	19.0	8.2 hi	27.2 opq	35.4 uvw
B 8	66.1 abc	18.1	8.7 hi	7.1 lmn	15.8 rst
B 9	38.7 d	12.5	10.2 hij	38.6 q	48.8 vw
B 10	58.2 bcd	12.7	17.5 jk	11.6 lmon	29.1 tuv
B 11	38.5 d	13.6	14.2 ijk	33.7 pq	47.9 vw
B 12	56.5 bcd	8.5	18.5 k	16.5 lmnop	35.0 uvw
B 13	55.9 bcd	13.9	14.7 jk	15.5 lmno	30.2 tuv
O 1	49.6 cd	9.9	15.7 ijk	24.8 nopq	40.5 vw
P 3	58.3 bcd	21.1	3.5 h	17.1 lmnop	20.6 stu
P 4	62.1 bc	5.6	18.5 k	13.8 lmno	32.3 tuvw
C K	85.8 a	9.7	3.6 h	0.9 l	4.5 r
5% LSD	21.2	N. S.	8.1	17.8	17.7

*水稻供試品種＝臺農67號。

The tested variety of rice=Tainung 67.

**英文字母相同者爲 FLSD 測試，5%基準差異不顯著。

Numbers followed by the same letter are not significantly different at the 5% level by FLSD Test.

二、分離菌株病原性之測定：

第一次接種區於接種後15日，即10月19日調查；第二次接種區於第 25 日，即11月 15 日調查。兩次接種均得相同病徵，再分離亦得到相同之細菌。由第一次接種結果，發現接種後套塑膠袋之發病率65.4%，比未套袋處理28.8%，呈顯著差異，兩個對照均無被害。正常綠色不稔空粒，4 個處理間差異不顯著（表 1）。第二次接種結果顯示，菌株間病原性差異甚大，其中以 B_9 及 B_{11} 病原性最强，被害空粒及半飽粒百分率合計分別爲48.8及47.9%；B_6 最弱其發病率僅 8.5%與對照處理之自然被害率4.5%，差異不顯著。被害稻穀中半飽粒與空粒之比率，菌株間略有差異，菌株 B_9 之被害空粒達38.6%最多；被害半飽粒則以菌株 B_{12} 及 P_4 等 2 菌株各爲18.5%最高，詳如表 2 所示。

三、分離菌株之外形及生理特性：

供試 B_9, O_1 及 P_4 等菌株呈革蘭氏陰性反應，桿狀，鞭毛單極生，好氣性，在 NA 平板培養時呈白色稠狀菌落，在 TTC (triphenyl tetrazolium chloride) 培養基上形成中間粉紅外緣白色之菌落 (圖 1.F, G)；本菌不產生螢光色素，屬 non-fluoresence Pseudomonad；可液化白明膠，可還原 litmus milk 及 nitrate。可由葡萄醣 (glucose) 及乳醣 (lactose)，但不能由蔗糖 (sucrose) 及鼠李醣 (rhamnose) 產生酸。其他生理性質爲正反應的有產生氨 (ammonium) 、Tween 80 水解作用、卵磷脂酵素作用 (lecithinase activity) 及Koras' oxidase activity；負反應的有 methyl

red test、arginine dihydrolase。不能產生 fluorescin、H_2S、indole 或 leavan 。略可在 4 %食鹽下生長。最好的生長溫度爲 28°C，最高生長溫度在 40°C 以上，最低溫度爲 8～12 °C。各生理特性詳見表 3 所列。

表3. 分離菌株與富永報告 *Pseudomonas glumae* 及 *Pseudomonas alboprecipitans* 之外形及生理特性比較。

Table 3. Comparison of morphological and physiological characteristics of present isolates with the reported *Pseudomonas glumae* and *Pseudomonas alboprecipitans*.

特 性 Characteristics	(富永) [7] (Tominaga) [7] *P. glumae*	分離菌株 Present isolates* (3 isolates)	(富永) [7] (Tominaga) [7] *P. alboprecipitans*
Cell shape	rod	rod	rod
flagellum	polar	polar	polar
Gram stain	—	—	—
Relation to O_2	aerobic	aerobic	aerobic
Colony	viscid	viscid-butyrous	butyrous
Fluorescin	—	—	—
Hydrolysis of gelatin	+～—	+～—	—～+
Action on litmus milk	reduced	reduced	
Reduction of nitrate	reduced	reduced	reduced
Production of ammonium	+	+	
indole	—	—	—
H_2S	—	—	
leavan	—	—	
Acid from gluose	+	+	
lactose	+	+	
sucrose	—	—	
rhamnose	—	—	+
Methyl red test	—	—	
Tween 80 hydrolysis	+	+	
Lecithinase activity	+	+	—
Oxidase activity	—	D**	+
Arginine dihydrolase	—	—	
4% salt tolerance	—	±	
Growth max.	42°C	above 40°C	above 42°C
min.	10～15°C	8～12°C	
opt.	30°C	28°C	

* 三個分離菌株代號分別爲 B_9、O_1及P_4. 。
Three isolates were isolate B_9、O_1 and P_4.

** 處理20秒後有正反應，若僅觀察10秒則爲負反應。
Reaction was only observed 20 sec. or longer after treatment.

討論與結論

由 *Pseudomonas glumae* 引起之稻細菌性穀枯病於1956年日本首度報告[5]後，遂受該國極爲重視。據推測可能早於 1950 年日本即有本病發生[2]。相似地，筆者等及徵詢多位稻作病害研究者之田間經驗，均一致推測本病可能早已存於本省，但未被試驗及報告而已。究其被忽略之原因，可能係本病之穀粒外部病徵與其他由眞菌引起之穀枯病頗爲相似，需要仔細觀察方能區別兩類病害之差異。本病病穗之穗軸及枝梗皆健全而呈綠色；眞菌性穀枯病往往同時爲害穗軸及枝梗，呈現枯萎病徵。近年來，本田期穀粒病害頗爲普遍，何種病原較爲重要？則尙未見諸報告。

本研究經純化得到細菌菌株，再依柯氏法則（Koch's Postulates）證實它確爲病原菌。第一次接種結果顯示，套袋可提高發病率，但接種未套袋亦可得到顯著的發病。因此，第二次接種區未加套袋，使其較接近自然感染環境。第二次接種區係接種後25天調查，穀粒已近成熟期，因此同一菌株（O_1）之發病率較第一次接種之15天後調查之發病率爲高。同時，對照區亦有 4.5% 之發病，與一般農田第二期稻作穀粒發病率相似。

由表 3 所列各項生理試驗結果，與前人研究結果[6,7]比較，得知本研究所得之病原菌（簡稱本菌）與 *P. glumae* 較爲相近；而與 *P. albopreci pitans* 不同。區別點在於前兩者不能由鼠李醣（rhamnose）產生酸，而後者能；前兩者 lecithinase activity 爲正反應，而後者爲負反應。所有測定項目中，本菌僅 oxidase activity 與 *P. glumae* 稍有不同，但本試驗係觀察20秒所得之延遲性正反應，若只觀察10秒（富永[7]）則結果爲負反應，又與富永[7]所得結果一致。因此，本菌應屬 *P. glumae.* 。

前人研究發現本病病原菌除可引起本田期水稻穀枯病外，在日本尙引起箱育秧苗腐敗症，爲一日趨嚴重之秧苗新病害[1,3,4,8,9,10,11]。本病於本省屬首次報告，其生態分佈及危害情形未甚明瞭，尙待進一步探討。

參考文獻

1. 吉村大三郎、植松勉 1977 籾枯細菌病菌によるイネ苗腐敗症について（講要）。日植病報43（1）：116
2. 後藤孝雄 1978 イネもみ枯細菌病。農藥研究24（3）：32～37
3. 後藤孝雄、渡邊文吉郎 1978 イネもみ枯細菌病の發生と耕種條件との關係（講要）。日植病報44（3）：383
4. 後藤孝雄 1981 イネもみ枯細菌病菌による幼苗腐敗症の耕種的防除（講要）。日植病報47（3）：397～398
5. 後藤和夫、大畑貫一 1958 稻籾枯性細菌病。日植病報23（3）：155
6. 栗田年代、田部井英夫 1967 イネもみ枯細菌病の病原細菌について（講要）。日植病報33（2）：111
7. 富永時任 1971 日本における牧草および飼料作物の病害に關する研究。農技研報 C-25：205～306.
8. 植松勉、吉村大三郎、西山幸司、茨木忠雄、藤井溥 1976 イネもみ枯細菌による育苗箱の幼苗腐敗症の發生。日植病報42（3）：310～312
9. 植松勉、吉村大三郎、西山幸司、茨木忠雄、藤井溥 1976 育苗箱のイネ幼苗に腐敗症をおこす病原細菌について。日植病報42（4）：464～471
10. 遠藤賴嗣 1982 中苗育苗における籾枯細菌病菌による苗腐敗症の發生について。今月の農藥26（4）：25～30
11. 對馬誠也、茂木靜夫、內藤秀樹 1981 イネもみ枯細菌病の穗における發病經過（講要）。日植病報 48（3）：397
12. Society of American Bacteriologists. 1957. Manual of Microbiological Methods. 5th ed. Mc Graw Hill Book Co., New York 315pp.

Bacterial Grain Rot of Rice—A New Disease in Taiwan[1]

C. C. Chien[2], Y. C. Chang[2], Y. M. Liao[2] and S. H. Ou[3]

Summary

In central and shouthern Taiwan, a new disease of rice was found at the milky stage of second crop in 1982. Based on the symptcmology, morphology and physiology of the pathogen, the disease is identified as bacterial grain rot of rice caused by *Pseudomonas glumae*. The diseased grains scattered on the panicles, but in severe cases more than half of the grains may be attacked. The sterile lemmas of infected grains were purplish brown to deep purplish brown, however, the branches remained green. Infected grains were shrunk and pale green first, then became dirty grey with age and finally turned to yellowish brown to deep brown and dried up. The infected part of hulled rice was grey, yellowish brown, or deep brown with a clear cut from the health part. Thirteen isolates of bacteria were isolated from diseased grains collected at different locations. According to the results of inoculation and reisolation tests, all isolates were considered the pathogen of grain rot as suggested by Koch's Pospulates. Three (i. e., B_9, O_1 & P_4) out of the 13 isolates were selected and used for physiology and morphology studies. The three isolates were all Gram-negative, rod shaped, monotrichous and aerobic. They formed white viscid colonies on nutrient agar, liquefied gelatin, reduced litmus milk and nitrate, produced ammonia, hydrolyzed Tween 80, produced lecithinase, grew on 4% salt slightly, delayed the reaction of oxidase activity 20 seconds after treament, and not reacted to methyl red test. No arginine hydrolase, fluorescin, H_2S, indole, or leavan production was observed. The maximum temperature for the growth is higher than 40°C ; optimum, 28°C ; minimum, 8—12°C.

1. Contribution No. 1134 from the Taiwan Agricultural Research Institute.
2. Senior Plant Pathologist, Asistant Plant Pathologists, respectively, Department of Plant Pathology, TARI, Wufeng, Taichung, Taiwan, ROC.
3. Special Chair, National Science Council, ROC.

(Jour. agric. Res. China) 中華農業研究32(4)：367～372 (1983)

Comparative Cruciferous Host Symptoms of Turnip Mosaic Virus Isolated in Taiwan[1]

C. C. Lin and L. S. Lian[2]

Abstract: Turnip mosaic virus (TuMV) were recovered from cruciferous vegetables in the central and southern part of Taiwan. Using mechanical transmission to *Brassica spp.* and other test plants, different symptoms were produced by different strains of TuMV. Host reactions of TuMV which infected *Brassica spp.* and *Raphanus sativus*, producing mottle, motle, mosaic to black ringspot symptoms. TuMV did not infect the following test plants: *Datura stramonium*, *Lycopersicum esculentum*, *Cucurbita moschata*, *Cucumis melo*, *Lactuca sativa* var. *crispa*, *Phaseolus vulgaris*, *Vigna radiata*, *V. sesquipedalis*, *Capsicum annuum* cv. Hsin-Hsin and *C. frutescens* cv. Chieng-Hsiang. The radish strain of TuMV did not infect *Brassica oleracea* var. *acephala*, *B. O.* var. *botrytis*, *B. O.* var. *capitata* and *B. O.* var. *italica*. More details of different symptoms on cruciferous vegetables were discussed.

Turnip mosaic virus (TuMV) is widely distributed around the world [1,2,4,10,14,15,19]. In Taiwan, cauliflower, sprouting broccoli and other cruciferous plants were found to be seriously infected by TuMV and their quality and production were affected. This research is concerned with studying the host range and symptoms for comparing different strains of TuMV. This information is hoped to be of value for breeding of TuMV resistant varieties of cruciferous vegetables.

Materials and Methods

TuMV isolates were isolated from cabbage, Chinese cabbage, cauliflower, sprouting broccoli, kohlrabi, pei-tsao and edible mustard. All isolates were subjected to three successive single local lesion transfer on *Chenopodium amaranticolor* and then transfered to *Chenopodium quinoa*. The pure isolates were maintained in *Petunia hybrida* as inoculum sources.

Healthy test plants were sown in an insect free greenhouse. For mechanical inoculation, virus infected tissue was macerated in 0.1M phosphate buffer, pH 7.0, and rubbed gently on carborundum (600 mesh) dusted cotyledon of 2-3 week old test plants. After inoculation, the test plants were kept in the greenhouse for 30 days for observation. All

1. Contribution No. 1135 from Taiwan Agricultural Research Institute.
2. Respectively, Plant pathologist and assistant of Fengshan Tropical Horticultural Experiment Station, TARI, Fengshan, Kaohsiung, Taiwan 830, ROC.

symptomless test plants were back inoculated to *Chenopodium amaranticolor* to confirm the results.

Results

TuMV can mechanically be transmitted to the following test plants : *Impatiens balsamina* (Garden balsam), *Brassica campestris* (Field mustard), *B. chinese* (Pak-choi), *B. juncea* (Leaf mustard), *B. nigra* cv. Bing, *B. oleracea* var. *capitata* (Cabbage), *B. oleracea* var. *acephala* (Common kale), *B. O.* var. *botrytis* (Cauliflower), *B. O.* var. *italica* (Sprouting broccoli), *B. O.* var. *caulorapa* (Kohlrabi), B. *pekinensis* (Chinese cabbage), *Raphanus sativus* cv. Mei-Nung-Tsao-Sheng ; cv. Kan-Na-Chi 60day ; cv. Kan-Na-Chi 40 day ; cv. Kan-Na-Chi-Long and cv. Ta-Mei-Hua, *Nicotiana rustica*, *Petunia hybrida*. In these plants, systemic mosaic symptoms were produced.

In other test plants, chlorotic or necrotic local or systemic lesion were produced by TuMV : *Amaranthus mangostanus*, *Gomphrena globosa*, *Chenopodium amaranticolor*, *C. quinoa**, *Nicotiana debneyi*, *N. glutinosa**, *N. rustica**, *N. tabacum* cv. Havana-425 ; cv. Hicks ; cv. Samsun and cv. TT-5, *Solanum melongena* cv. Ping-tung Long. (* : systemic lesion)

Plants not infected by TuMV are *Cucurbita moschata*, *Cucumis melo*, *Lactuca sativa* var. *crispa*, *Phaseolus vulgaris* (Snap bean), *Vigna radiata* (Mungbean), *V. sesquipedalis* (Asparagus bean), *Capsicum annuum* cv. Hsin-Hsin (Sweet pepper), *C. frutescens* cv. Chieng-Hsiang (Hot pepper), *Datura stramonium*, *Lycopersicum esculentum*.

The symptoms produced on cruciferous vegetables by different strains of TuMV are listed as Table 1.

Table 1. Reactions of TuMV Strains on *Brassica* species and *Raphanus sativus* cultivars

Host	Strain					
	TuMV-1[1/]	TuMV-2[2/]	TuMV-3[3/]	TuMV-4[4/]	TuMV-5[5/]	TuMV-6[6/]
B. oleracea var. *capitata* cv.						
Hsia-Chio	—	—	M	M	SM	SM*
SueHiro	—	—	VC	VC. M	M	SM
Goleji	—	—	VC	M	M	—
Okina	—	—	SM	VC	SM	M
YR-Lanbou	—	—	SM	—	—	SM
B. O . var. *acephala* cv.						
Yellowflower (YF)	—	m	M, ns	M. ns	SM, ns	—
Savoy (YF)	♯	—	M	SM	—	—
White flower (WF)	—	—	SM	SM	M	—
Savoy (WF)	CS[z]	—	SM	M	—	—
Round leaf (WF)	—	—	VC	M	M	—

Continue

Host	Strain					
	TuMV-1 1/	TuMV-2 2/	TuMV-3 3/	TuMV-4 4/	TuMV-5 5/	TuMV-6 6/
B. O. var.						
italica	m	—	SM	SM	SM	—
botrytis	—	—	M*	M*	m	SM*
caulorapa	m*	—	m	M	m	—
B. campestris (field mustard)	SM, ns	—	SM	SM, ns	SM	M, ns
B. juncea cv.						
Leafy-type	SM	SM	SM	SM	SM	SM
head-type	SM	—	SM	SM	SM	SM
B. nigra-Bing	ns	ns	ns	SMN	SM	SM
B. chinese	SMN	SM	SMN	SM	SM	SM, ns
B. pekinensis cv.						
Tropical Delight	SMN	SM	SMN	SMN	SMN	SM
Crusader	—	m*	SM	SM	SM	ns
Raphanus						
sativus cv.						
Ta-Mei-Hua	M	—	—	SL	SL	SM[z]
Kan-Na-Chi 60 day	—	—	—	—	M, ns	VC
Kan-Na-Chi 40 day	—	—	—	—	M	M
Kan-Na-Chi Long	SM	SM	—	SL	SL	m
40 day Pin-Tins	SM	SM	m	M	SL	SL
Mei-Nung-Tsao-Sheng	SM	SM	—	M	SM	SM

1/ : TuMV isolated from radish
2/ : TuMV isolated from Pei-tsao
3/ : TuMV isolated from cauliflower
4/ : TuMV isolated from sprouting broccoli
5/ : TuMV isolated from cabbage
6/ : TuMV isolated from mustard

CS : chlorotic spot ; m : mottle ; ns : necrotic lesion ;
M : mosaic ; SL : symptomless infection ; VC : vein clearing ;
SM : severe mosaic ; SMN : severe mosaic and death ; # : not test ;
— : no infection ; * : host at first developed symptoms and then became symptomless.
Z : symptoms confined to outer leaves

Discussion

Two major viruses, turnip mosaic virus and cauliflower mosaic virus are known to infect vegetables [4]. In a preliminary field survey it was found that cruciferous vegetables in Taiwan were seriously infected by turnip mosaic virus. Radish viruses isolated by Kou [7] and Yang [20] and rape mosaic by Ling [11] may be strains of TuMV. They did not infect cabbage and cauliflower. Table 1 showed that radish and pei-tsao strains of TuMV did not infect these plants. However, other strains could infect cabbage and cauliflower and produced chlorotic spot and/or severe mosaic symptoms on new leaves. None produced necrotic lesions or black ringspot symptom on cabbage. The former strains had avirulent on cabbage and virulent on radish.

Iris and pea strains of TuMV showed different symptoms on different cultivars of radish [6,13]. In Taiwan, the radish strain of TuMV produced mottle and/or mosaic symptoms on the new leaves of 3 radish cultivars and the cauliflower strain usually showed no symptom or mild mottle on old leaves. Strains of TuMV isolated from cruciferous vegetables with different severity in Taiwan.

Besides radish and cabbage, common kale was also infected by TuMV and produced severe mosaic, vein necrosis or necrotic lesions. The radish and pei-tsao strains did not infect common kale severely, developing chlorotic spots confined to outer leaves and/or mottle symptoms on new leaves. The mustard strain could not infect common kale.

According to chromosomal number, cruciferous vegetables had a genomic relation to viral susceptibility [18]. Table 1 showed *Brassica chinese* and *B. pekinensis* cv. Tropical Delight were severe mosaic and death, *B. juncea* produced severe mosaic symptoms and *B. oleracea.* var. *acephala* ; *B. O.* var. *italica* ; *B. O.* var. *botrytis* ; *B. O.* var. *caulorapa* produced milder symptoms.

TuMV also infected Solanaceous plants. In *Nicotiana glutinosa*, systemic chlorotic spots [7,8,9,17] /mosaic [21] or symptomless infection [3,10,18] were produced. In *N. rustica*, systemic mottling/necrotic or chlorotic rings were produced [5,7,8,9,12]. In *Petunia hybrida*, systemic mottle to mosaic symptom was produced [3,4,9,16].

Yoshii [21] distinguished 2 strains of TuMV, the ordinary and the cabbage strain ; Sako [16] differentiated TuMV as 3 groups. All our TuMV strains which infected *N. glutinosa* showed systemic ring-spots and in *N. rustica*, necrotic or chlorotic spots on inoculated leaf and then systemic mottling were produced. In *P. hybrida*, all strains produced severe mosaic symptoms except cauliflower strain produced necrotic lesions and severe mosaic symptoms.

As indicated above, TuMV strains can be differentiated into 2 groups by different host reactions on cabbages, common kales and radishes. Group A was more virulent on cabbage and common kale than on radish. Contraily, group B had reached the opposite. From the reaction on cabbage, 2 strains of TuMV appeared to be of the ordinary strain. This information may be of value for breeding TuMV resistant cruciferous vegetables.

Acknowledgement

The authors are thankful for Mr. T. F. Sheen, Director of Fengshan Tropical Horticultural Experiment Station, TARI ; Dr. S. K. Green, Associate Plant Pathologist, AVRDC, for their suggestions and revision.

Literature Cited

1. 陳脈紀・1975・十字花科蔬菜嵌紋病之電子顯微鏡研究・植保會刊17：319—328・
2. 澤村健三・1957・東北地方主要蔬菜のバイラス病に關する研究・
   I，十字花科植物のバイラス病第1報バイラスの種類・
   東北農業試驗場研究報告11：79～85。
3. 栃原比呂志・1959・ダイエンモザイク病ウイルスに關する研究
   1・ダイエンPウイルスの諸性質と形態・日植病報24（5）：287—295。
4. Broadbent, L. 1957. Investigation of virus diseases of *Brassica* crops. pp. 94 Cambridge University press.
5. Horton, J. C., G. S. Pound and T. P. Pirone. 1961. Radish mosaic virus. Phytopathology 51 : 434-440.
6. Inouye, N. and K. Mitsuhata. 1978. Studies on the viruses of bulbous ornamental plants in Japan. (in Japanese) Nogaku Kenkyu 57 : 1-16.
7. Kou, T. T. 1961. A mosaic disease of radish. Bot. Bull. Acad. Sinica 2 : 51-61.
8. Larson, R. H. and J. C. Walker. 1938. Properties and host range of a cabbage mosaic virus. Phytopathology 28 : 13 Abstract.
9. Larson, R. H. and J. C. Walker. 1941. Ring necrosis of cabbage. J. Agr. Res. 62 : 475-491.
10. Lee, S. H., K. W. Lee, and B. J. Chung. 1978. Investigations on the virus diseases in spinach. (*Spinacia orleraea* L.) I. Identification of turnip mosaic virus occurring spinach. Kor. J. Pl. Prot. 17(1) : 33-35.
11. Ling, L. and J. Y. Yang. 1940. A mosaic disease of rape and other cultivated crucifers in China. Phytopathology 30 : 338-342.
12. Pound, G. S. and J. C. Walker. 1945. Differentiation of certain crucifer viruses by the use of temperature and host immunity reactions. J. Agr. Res. 71 : 225-278.
13. Provvidenti, R. 1978. A mosaic of *Pisum sativum* caused by a strain of turnip mosaic virus. Plant. Dis. Rptr. 62 : 482-485.
14. Provvidenti, R. 1980. Evaluation of Chinese Cabbage cultivars from Japan and the People's Republic of China for resistance to turnip mosaic virus and cauliflower mosaic virus. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 105(4) : 571-573.
15. Purcifull, D. E. 1968. Occurrence of a turnip mosaic virus in Florida. Plant Dis. Rptr. 52 : 759-760.
16. Sako, N. 1981. Virus diseases of Chinese cabbage in Japan. in Chinese Cabbage Proceedings of the 1st International Symposium p.129-141. AVRDC, Taiwan. ROC.
17. Smith, K. M. 1935. A virus disease of cultivated crucifers. Ann. appl. Biol. 22 : 239-242.
18. Takahashi, W. N. 1949. The morphology and host range of *Brassica nigra* virus. Amer. J. Bot. 36 : 533-535.
19. Weide, V. H. L. 1981. Virusbedingte Innenblattnekrosen bei Weisskohl. Nachrichtenbl. Deutsch. Pflanzenschutzd, 33(2) : 17-20.

20. Yang, S. J. 1971. Studies on virus diseases of radish in Taiwan. Msc. Thesis, National Taiwan University pp. 84. (in Chinese)

21. Yoshii, H. 1963. On the strain distribution of turnip mosaic virus. Ann. Phytopathol. Soc. Japan, 28(4): 221-227.

臺灣蕪菁嵌紋病毒對十字花科蔬菜病徵之比較[1]

林正忠　　連麗仙[2]

摘　要

從臺灣南部及中部地區分離十字花科蔬菜嵌紋病得到數個蕪菁嵌紋病毒（TuMV）系統。利用機械接種各病毒系統於十字花科蔬菜及其他寄主，比較各病毒系統間之差異性，發現蕪菁嵌紋病毒在野生菸草 *Nicotiana glutinosa* 上皆形成系統性黃化型輪斑，*N. rustica* 上出現嵌紋及系統性局斑；千日紅，菸草栽培品種 Samsun；喜國士，哈瓦那—425，臺菸5號及 *N. debneyi* 的接種葉形成黃化斑或壞疽局斑。在十字花科蔬菜上，各病毒系統間病徵變化差異大，從免疫，系統性壞疽斑，輕微嵌紋，嚴重嵌紋到全株死亡等不同病徵出現。此外蕪菁嵌紋病毒不能感染下列植物即蔓陀羅、蕃茄、南瓜、萵苣、豇豆及綠豆等。蘿蔔及白菜系統蕪菁嵌紋病毒不能感染芥藍、花椰菜、甘藍及青花菜等作物。

1. 臺灣省農業試驗所　研究報告第 1135 號。
2. 本所鳳山熱帶園藝試驗分所植物保護系副研究員、計畫助理。臺灣省　高雄縣　鳳山市。

(Jour. agric. Res. China) 中華農業研究32(4)：373～378 (1983)

Insecticide Resistance Study in *Plutella xylostella* (L.)

IV. The Activities of Glutathione-S-transferase in the Organophosphorus-resistant Strains[1]

by

Edward Y. Cheng, Tao-mei Chou and Ching-hua Kao[2]

Abstract: The role of glutathione(GSH)-S-transferase as a detoxication mechanism to organophosphorus insecticides was investigated in the diamondback moth, *Plutella xylostella* (L.). The GSH-S-transferase was prepared fromthe susceptible IL-strain, two organophosphorus-resistant strains and two synthetic pyrethroid-resistant strains. The result indicated that the GSH-S-transferase activities in two organophosphorus-resistant strains were three to four times higher than that of the susceptible IL-strain, i.e., the parental strain from which all resistant strains were derived. Both O-methyl and O-ethyl groups on the organophosphorus insecticides can cause GSH-S-transfer ase activity increases in insecticide pressed diamondback moth population. Hence, the GSH-S-transferase detoxication mechanism is quite specific to the organophosphorus insecticides. The study indicated that the glutathione conjugation is an important resistant mechanism to the organophosphorus insecticides in the diamondback moth.

It has been reported that the increase in metabolism of organophosphorus insecticides by glutathione(GSH)-S-transferase is an important factor for resistance in insects (8). The O-dealkylation of organophosphorus insecticides by GSH-S-transferase has been well studied in house fly. The quantitative increase in enzyme activity in the resistant strain was responsible for the organophosphorus resistant mechanism (9).

Although this enzyme has been studied in the diamondback moth, *Plutella xylostella*, no conclusion can be made to relate its activity to the organophosphorus resistance (10). Several pure organophosphorus-resistant diamondback moth strains have been successfully raised in our laboratory and they are very suitable for the GSH-S-transferase study. The result is compared to that of the house fly study to clarify whether or not this organophosphorus resistant mechanism exists in the diamondback moth.

---

1. Contribution No. 1136 from Taiwan Agricultural Research Institute, the study is supported by NSC research grant 72-0409-B055-03.

2. Senior Entomologist, Project Assistant and Research Assistant respectively, Department of Applied Zoology, TARI. Wufeng, Taichung, Taiwan 431, Republic of China.

Materials and Methods

Test insects

a. susceptible strain : the IL-strain diamondback moth from our 1980-81 collection was used because of its high sensitivity to all insecticides tested[4].

b. resistant strains : four insecticide resistant sub-strains pressed from the IL-strain were used in this study. The sub-strains were separately resistant to profenofos, R. R. (resistant ratio) = 13.0 ; mevinphos, R. R. = 8.3 ; permethrin, R. R. = 6.7 and cypermethrin, R. R. = 4.7.

Enzyme preparations

The enzymes were prepared by homogenizing twenty early 4th instar larvae in a glass homogenizer with 2 ml ice-cold 0.1M Tris-buffer, pH 9.0 for 2 min. The crude homogenate was centrifuged at 3,000g in a refrigerated centrifuge for 10 min. and the supernatant was filtrated through a piece of tissue paper. The filtrated suspension was kept in ice bath and ready for the enzyme activity determination.

Enzyme assay

The GSH-S-transferase activity was determined spectrophotometrically according to Booth's method[1] using 3,4-dichloronitrobenzene as the substrate and three freshly prepared samples were investigated for each diamondback moth strain. The reaction mixture consisted of 0.2 ml enzyme preparation, 0.1mM 3,4-dichloronitrobenzene and 5mM glutathione (reduced form) in 3 ml of 0.1M Tris-buffer, pH 9.0. The reaction was performed at 37°C and the production rate of S-(2-chloro-4-nitrophenyl)glutathione was measured at 344μm by using a Shimadzu spectrophotometer Model UV-210A. The reference cell contained all the components as that of the sample cell except glutathione. Since GSH-S-transferase deteriorated rapidly, the activity had to be determined immediately after the enzyme was prepared. Reduced glutathione was obtained from Sigma Co. and 3,4-dichloronitrobenzene was purchased from Tokyo Kasei Co.

Protein were determined by the Lowry method[7].

Results

In this study, the GSH-S-transferase was detected in all strains of diamondback moth. The native susceptible IL-strain had the lowest activity at 0.017 mM substrate conjugated per mg protein per hour. The problem in the determination of GSH-S-transferase activity was its unstable nature, even though the preparation had been kept in the ice bath. The activity dropped to merely 37% at the end of one and a half hour after the enzyme was prepared and only 5% activity remained after three hours. The deterioration of this enzyme was illustrated in Fig. 1 and adding 5mM EDTA or 0.01% BSA was not able to prevent the deterioration (Table 1).

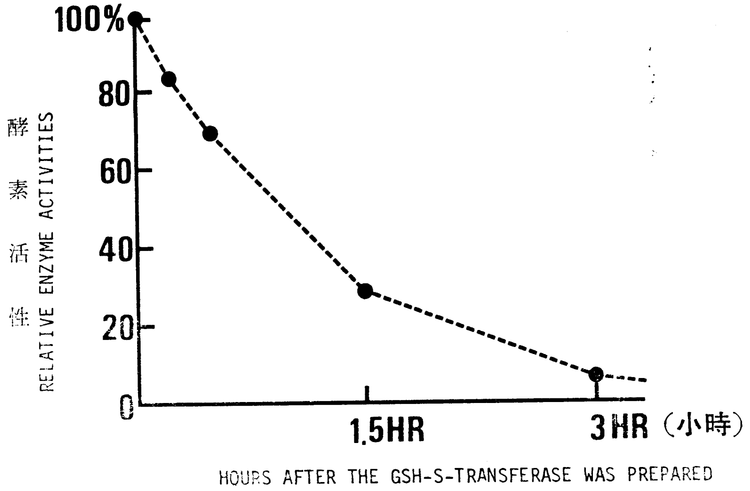


Fig. 1. The deterioration of glutathione-S-transferase activity after the enzyme was prepared.

圖1. GSH-S-transferase活性降低情形

Table 1. The effect of EDTA and BSA in preventing the deterioration of glutathione-S-transferase activity *in vitro*.

表1. 添加 EDTA 及 BSA 保護 GSH-S-transferase 活性試驗

Treatment	Relative activities of enzyme	
	fresh (%)	1 hr after (%)
+EDTA (5mM)	100	38
+BSA (0.01%)	100	47
Check	100	36

EDTA : ethylenediamine tetraacetate
BSA : bovine serum albumin

In Table 2, the activities of GSH-S-transferase of the susceptible IL-strain, organophosphorus resistant sub-strains and synthetic pyrethroid resistant sub-strains were compared. Along with the enzyme activities, the resistant ratio of each resistant strain to its correspondent insecticide was also presented. Table 2 listed the result of the changes in GSH-S-transferase activity in relation to that of the susceptible IL-strain. The activity increased 3.5 folds in both organophosphorus resistant sub-strains. However, no significant change in enzyme activity can be observed in two synthetic pyrethroid resistant sub-strains. Also, only some minor increases can be detected in the cypermethrin resistant sub-strain.

Table 2. Comparison of glutathione-S-transferase activities in susceptible, organophosphorus-resistant and synthetic pyrethroids-resistant diamondback moths

表2. 各品系小菜蛾之GSH-S-transferase活性比較

Strain	R. R.[a]	Enzyme activity[b]	E_r/E_s[c]
Susceptible IL-	—	0.017	—
Profenofos-resistant	13.0	0.056	3.34
Mevinphos-resistant	8.3	0.058	3.37
Permethrin-resistant	6.7	0.020	1.18
Cypermethrin-resistant	4.7	0.028	1.66

a. R. R.: resistant ratio
b. mM substrate conjugated/mg protein • hr
c. E_r : enzyme activity of resistant strain
E_s : enzyme activity of susceptible strain

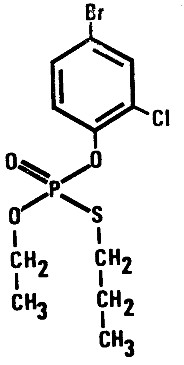
Disussion

The diamondback moth, *P. xylostella*, is an insect which can develope insecticide resistance rapidly as reported by Chou and Cheng [5]. Following the long history of applying organophosphorus insecticides to control the agricultural pests in Taiwan, the diamondback moth has already gained certain degree of resistance [2,3,4,6]. Even the susceptible IL-strain has shown some signs of organophosphorus resistance [5]. However, the IL-strain can still respond to further organophosphorus insecticides press in our laboratory with an increase in resistance which magnituded 8.3 for mevinphos and 13.0 for profenofos. Coincidently, both laboratory induced organophosphorus resistant sub-strains have shown significant increase in GSH-S-transferase activities.

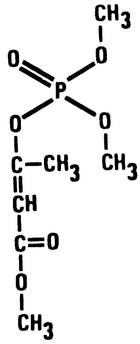
The GSH-S-transferase activities in two synthetic pyrethroid sub-strains remained the same as that of the susceptible IL-strain, i.e., the parental strain. Obviously, the selection against synthetic pyrethroids has not resulted in higher GSH-S-transferase activities in the diamondback moth populations.

The responses of GSH-S-transferase in different sub-strains of the diamondback moth were coincident with the observation of that in the house fly, a marked increase in enzyme activity found to be parallel to the organophosphorus resistant level [9]. Since no significant increases in this enzyme were detected in synthetic pyrethroids resistant sub-strains, this mechanism of resistance appears to be unique in insects resistant to organophosphorus insecticides. The increases of this enzyme can be attributed to more detoxication of organophosphorus insecticides *in vivo* by O-dealkylation. The similar response of GSH-S-transferase in the diamondback moth to profenofos and mevinphos may indicate that both demethylation and desethylation or other dealkylation reactions can happen in the diamondback moth. The result of this study indicated that the

GSH-S-transferase is one of the organophosphorus resistant mechanisms in the diamondback moth as well as that reported in the house fly.



Profenofos



Mevinphos

References

1. Booth, J., E. Bolyand and P. Sims. 1961. An enzyme from rat liver catalysing conjugations with glutathione. Biochem. J. 79 : 516-524.
2. Chang, L. C. 1975. A study of resistance of *Plutella xylostella* (L.) to several organophosphorus insecticides. Plant Protection Bull. 17 : 431—432.
3. Cheng, E. Y. 1981. Insecticide resistance study in *Plutella xylostella* (L.) II. A geneal survey (1980-81). J. agric. Res. China 30 : 285-293.
4. Chi, H. and C. N. Sun. 1976. A study on the resistance of *Plutella xylostella* (L.) to diazinon in Taiwan. Sci. Agric. 24 : 403-406.
5. Chou, T. M. and E. Y. Cheng. 1983. Insecticide resistance study in *Plutella xylostella* (L.) III. The insecticide susceptibilities and resistance response of a native susceptible strain. J. agric. Res. China 32 : 146-154.
6. Lee, S. L. and W. T. Lee. 1979. Studies on the resistance of diamondback moth, *Plutella xylostella* (L.) to commonly used insecticides. J. agric. Res. China 28 : 225-236.
7. Lowry, O. H., N. J. Rosenbrough, A. L. Farr and R. J. Randall. 1951. Protein measurement with the folin phenol reagent. J. biol. Chem. 193 : 265-275.
8. Motoyama, N. and W. C. Dauterman. 1974. The role of nonoxidative metabolism in organophosphorus resistance. J. Agria. Food Chem. 22 : 350-356.
9. Motoyama, N., T. Hayaoka, K. Nomura and W. C. Dauterman. 1980. Multiple factors for organophosphorus resistance in the housefly, *Musca domestica* (L.). J. Pesticide Sci. 5 : 393-402.
10. Wu, T. K. 1983. Relationship between resistance to organophosphorus and carbamate insecticides and acetylcholinesterase in the diamondback moth, *Plutella xylostella* (L.) (Lepidoptera : Yponpmeutidae). Master thesis, National Chung-hsing University, Taichung, Taiwan, Rep. of China.

小菜蛾抗藥性之研究

IV. Glutathione-S-transferase 在抗有機磷品系中之變化[1]

鄭 允 周桃美 高靜華[2]

利用在宜蘭所採得之感性品系小菜蛾，在室內誘發抗佈飛松及抗美文松兩有機磷劑品系，再行比較該等品系小菜蛾體內解毒酵素 GSH-S-transferase 活性之變化。試驗中利用抗百滅靈及抗賽滅寧二品系作對照，結果發現該解毒酵素的確在抗有機磷品系中提高約四倍，幾乎相當於該品系實際增加之抗性指數(Resistant Ratio)，而抗合成除蟲菊精之品系均無此酵素活性提高之現象，顯然 GSH-S-transferase 係一抗有機磷之專有機制，此結果與國外報導 GSH-S-transferase 爲家蠅抗有機磷之主要機制結果相符，因此證明此一抗藥機制亦存在於小菜蛾體內。

試驗中並發現，小菜蛾體內之 GSH-S-transferase一經分離出體外，活性就開始下降，添加 EDTA及BSA均不能阻止活性下降之現象及程度，三小時內活性下降接近零點。

1.臺灣省農業試驗所 研究報告 第 1136 號。本計畫承國科會補助（編號72-0409-B055-03），謹致謝忱。
2.本所應用動物系研究員、計畫助理及助理。臺灣省 臺中縣 霧峰鄉。

中華農業研究 (Jour. agric. Res. China) 32(4)：379～382 (1983)

水稻在不同生育時期對褐飛蝨抵抗性反應之初步觀察[1]

楊 遜 謙[2]

摘要：在本分所選育中之水稻系統對褐飛蝨 (Nilaparvata lugens stal) 之抵抗性，在幼苗期為抗性反應者至成熟期部份轉為感蟲。這種抗蟲性之轉變稉稻系統較秈稻系統所佔比例為高。惟若干在幼苗期呈現中感程度之系統在成熟期却有良好之抗蟲性、頗有利用之價值。由供試材料在不同生育時期之抗蟲性反應可知現行抗蟲性之篩選方法有加以檢討改進之必要。

本省對水稻褐飛蝨 (Nilaparvata lugens stal) 抵抗性之篩選、到目前為止，仍以幼苗期人工接種法為主 (Chang and Cheng, 1974)，蓋因採用此法時可在短期間內篩選大批育種後代，有助於水稻抗蟲育種工作之執行。一般言之，抗蟲品種或品系之抗蟲性未受其稻株生育時期之影響（鄭、1973)，因此，經由幼苗期檢定後選出之抗蟲品種或品系，在成熟期理應具有抗蟲性。惟在秧苗期表現抗蟲而在成熟期變成感蟲之系統仍然存在，顯示現行篩選法尚有加以檢討之必要。玆將於民國70年第2期作觀察水稻在不同生育時期對褐飛蝨抵抗性反應所得之初步結果簡述於後，以供今後改進篩選什交後代方法之參考。

材料與方法

本試驗於民國70年第2期作在嘉義農業試驗分所實施。供試材料為本分所供選拔用之 F_3、F_4 與 F_5 系統計841系統，包括秈稻638系統與稉稻 203 系統。供試材料於秧苗期檢定褐飛蝨抵抗性，其檢定法如下：將供試材料播在60×30×10公分之木盤內，每盤播種15行，行距4公分，每行自中間分成兩段，每段各種1系統，每系統種植15粒種子，重複三次。此外，每盤另種抗蟲品種 Mudgo 及感蟲品種臺中在來1號各1行以供對照。播種後10日將木盤移入養蟲室內，以人工接種3～4齡之若蟲。接種密度以每支秧苗5隻若蟲為標準。接種後罩上尼龍網，以防若蟲向外移動。待感蟲對照品種呈現萎凋或枯萎現象時調查各供試材料之被害級數。被害級數之調查依下列標準行之即：0級（極抗）、秧苗無明顯之傷害；1級（抗）、秧苗之第1葉局部變黃；2級（中抗），秧苗之第1葉及第2葉局部變黃；3級（中感），秧苗變黃程度極為明顯，且有部份秧苗之生長被抑制；4級（感），秧苗枯萎，且有明顯抑制現象；5級（極感）、秧苗全部枯死。

根據檢定結果將呈中抗反應以上系統及少數呈中感反應之系統移植本田。每系統種植4行，每行10株，行株距25×20公分，單本植。除供試材料另種植抗蟲品種臺農秈12號與感蟲品種臺農76號以供對照。本田之管理依一般方法管理，但生育期間不噴施殺蟲劑，以容許褐飛蝨之自然繁殖。抽穗後由於褐飛蝨之密度增加部份抗性較弱系統被害稻株逐漸枯萎呈現蝨燒 (hopper burn)。至黃熟期調查

1.臺灣省農業試驗所 研究報告第 1137 號。本研究承蒙國家科學委員會之獎助，文承農藝系主任張萬來博士斧正，謹此致謝。

2.本所嘉義農業試驗分所助理研究員。臺灣省 嘉義市。

各系統發生蝨燒程度若稻株三分之一以上稻株被害枯死者，即判定爲感蟲。其結果與幼苗期檢定反應相對照，以瞭解水稻在不同生育時期對褐飛蝨抵抗性反應之不同。

結果與討論

1.水稻幼苗期與成株抗蟲性之不同。

供試材料在秧苗期之檢定結果與成熟期在田間之抗蟲性列如表一。

表1、水稻系統在秧苗期及成熟期之抗蟲性反應

Table 1. Resistance reaction of rice Lines to brown planthopper at seedling and maturity stages.

世代 Generation	稻型 Type	成熟期反應 Reaction of maturity	秧苗期反應 Reaction at Seedling Stage						
			極抗 HR	抗 R	抗至中抗 R to MR	中抗 MR	中抗至中感 MR to MS	中感 MS	計 Total
F_3	秈 Indica	健全 Normal	1 (100)	73 (96)	10 (83)	2 (100)	3 (60)	1 (100)	90 (93)
		蝨燒 Hopper burn	—	3 (4)	2 (17)	—	2 (40)	—	7 (7)
		計 Total	1 (100)	76 (100)	12 (100)	2 (100)	5 (100)	1 (100)	97 (100)
F_4	稉 Japonica	健全 Normal	3 (100)	45 (54)	11 (35)	3 (16)	1 (20)	—	63 (44)
		蝨燒 Hopper burn	—	39 (46)	20 (65)	16 (84)	4 (80)	—	79 (56)
		計 Total	3 (100)	84 (100)	31 (100)	19 (100)	5 (100)	—	142 (100)
	秈 Indica	健全 Normal	14 (93)	237 (97)	26 (79)	6 (60)	4 (80)	2 (40)	289 (92)
		蝨燒 Hopper burn	1 (7)	8 (3)	7 (21)	4 (40)	1 (20)	3 (60)	24 (8)
		計 Total	15 (100)	245 (100)	33 (100)	10 (100)	5 (100)	5 (100)	313 (100)
F_5	稉 Japonica	健全 Normal	2 (67)	33 (72)	2 (50)	1 (20)	1 (50)	1 (100)	40 (66)
		蝨燒 Hopper burn	1 (33)	13 (28)	2 (50)	4 (80)	1 (50)	—	21 (34)
		計 Total	3 (100)	46 (100)	4 (100)	5 (100)	2 (100)	1 (100)	61 (100)
	秈 Indica	健全 Normal	36 (100)	95 (74)	31 (66)	10 (63)	—	1 (100)	173 (76)
		蝨燒 Hopper burn	—	33 (26)	16 (34)	6 (37)	—	—	55 (24)
		計 Total	36 (100)	128 (100)	47 (100)	16 (100)	—	1 (100)	228 (100)

備註：（ ）內爲百分比。

由表一可知在秧苗期呈現抗蟲性反應之系統在成熟期發生蝨燒者爲數頗多，尤以稉型稻品系爲甚。例如稉稻 F_4 系統中在秧苗期抗蟲性爲抗者有46%到成熟期時失去抗蟲性而呈現蝨燒，而在秈稻F_4系統中在秧苗期呈現抗至中抗程度之系統亦有21%在成熟期轉爲感蟲，發生蝨燒現象。由此可知，秧

苗期之抗蟲性反應不能完全代表成熟期之抗蟲性反應。一般稻飛蝨多在第2期作之成熟期造成爲害，故成株抗蟲性應較幼苗抗蟲性重要。由此設論，本省現行抗蟲篩選法實應加以進一步之改進，以提高抗蟲育種之效率。

在秧苗期抗蟲而成熟期呈現蝨燒之可能原因似有下列兩點：第一、幼苗期抗蟲並非該系統本身具有抗蟲基因而爲逃避之結果，因秧苗期接種之密度不可能在同一木盤內絕對平均，故若蟲密度較低處，若干系統就有逃避爲害之可能。第二、水稻之抗蟲性有隨其生長而減弱之現象，尤其對抗性較弱者爲甚（鄭、1973）。故在秧苗期抗蟲而在成熟期發生蝨燒之系統其抗蟲性似較弱，致有上述抗性之轉變。

表一亦顯示在幼苗期呈現中感程度之秧苗至成熟期却能表現相當良好之抗蟲性。例如秈稻稻穀有1 F_5 系統，在幼苗期呈現中感反應但至成熟期稻株却能很健全，抗蟲性極佳。由此可知，若干系統雖然在幼苗期之抗蟲性不甚良好，但其抗蟲性可隨稻株之生長而逐漸增強至成熟期時其抗蟲性亦達最高峰。此類抗蟲性屬於成株抵抗性（mature or adult resistance），係由多數微效基因所控制（Dang 等、1980），故其抗蟲性較由主效基因控制者持久而穩定，其重要性近年來已普遍受到重視（Mochida等、1979），實應積極加以利用。惟若依慣行篩選法，在秧苗期呈現中感程度之個體或系統則多半被淘汰，不移植田間，至爲可惜。這似爲本省到目前爲止，尚無法選育具有成株抵抗性抗蟲品種之一主要原因。

2.可能有成株抗蟲性之系統

根據秧苗期與成熟期之抗蟲性反應得知若干系統可能具有成株抵抗性。茲將此類系統列如表二。

表2、可能具有成株抗蟲性之系統

Table 2. Lines With possible adnlt resistance to brown planthopper

系統代號 Line No.	組合 Corss	稻型 Type	抗蟲性反應 Reaction to brown planthopper 幼苗期 Seedling Stage	成熟期 Maturity Stage
F_3—955	CI 671029²/Belle patna	秈	MR—MS	R
F_3—1002	CI 671029²/Belle patna	秈	MR—MS	R
F_3—1032	CI 671029²/Belle patna	秈	MR—MS	R
F_3—1085	CI 662071/BARU	秈	MS	R
F_4—68	Saweon 264/IR 36	秈	MR—MS	R
F_4—128	臺中秈3號∥CJ 652129／密陽23號	秈	MR—MS	R
F_4—277	嘉農育244號／臺農67號∥高雄141號	稉	MR—MS	R
F_4—327	CI 671029/Bluebonnet	秈	MR—MS	R
F_4—448	臺中秈3號∥CJ 652129／密陽23號	秈	MR—MS	R
F_4—309	CI 671029///新竹矮脚尖2∥嘉農秈8號／臺農秈12號	秈	MS	R
F_5—165	嘉農育250號∥臺農67號／CJ 672003	稉	MR—MS	R
F_5—159	〃	稉	MS	R
F_5—328	IRYN 4/CI 671115	秈	MS	R

表二所列品系是否眞正具有成株抗蟲性有待進一步之考證，蓋田間之抗蟲性，亦可能因褐飛蝨之分佈不均而有逃避之可能。對此等系統成株抗蟲性之檢定正在進行中。若經確認，則此等系統除進一

步對其他農藝性狀加以選優去劣外，將是今後抗蟲育種之良好什交親本。惟因成株抵抗性無法在幼苗期表現，故若依慣行幼苗期篩選法則有被淘汰之虞，故尋找一可行之成株抗蟲性篩選方法，實急不容緩。在成株抗蟲性之篩選方法尚未建立之前，放寬現行幼苗期篩選方法之選拔標準，使具有中感或中感至感程度抗蟲性個體或系統亦有入選機會，當不失為過渡時期之一補救辦法，值得一試。

參考文獻

1. 鄭清煥 1973 水稻品種對褐飛蝨抵抗性之研究抽印本。
2. Chang, W. L. and C. H. Cheng. 1973. Sources of resistance and breeding rice for resistance to brown planthopper and bacterial leaf blight. Paper presented at IRRC, April 22-25, 1974. (mimeograph). 14 p.
3. Dang, T. H., E. A. Heinrichs and G. S. Khush. 1980. Mechanisms of moderate resistance in rice varieties to the brown planthopper, *Nilaparvata lugens* (Stal.). Paper presented at IRRI Saturday Seminar. (mimeograph). p. 39.
4. Mochida, O., Ayuk, W. and Triny, S. K. 1979. Some considerations on screening resistant cultivars/lines of the rice plant to the brown planthopper, *Nilaparvata lugens* (Stal.). Paper presented at IRRC, IRRI, April 16-20, 1979. (mimeograph). p. 12.

Reaction of Rice Hybrid Lines to the Brown Planthopper at Different Growing Stages

S. C. Yang

Summary

Reaction of F_3, F_4 and F_5 lines of rice to the brown planthopper at seedling and maturing stages were observed in the second crop of 1981 at Chiayi Agricultural Experiment Station. Preliminary results revealed that some of the hybrid lines which were resistant at seedling stage became susceptible at maturity stage whereas some moderately susceptible lines at seedling stage appeared resistant when they were fully matured. The switch from resistance to susceptibility was more pronounced for Japonica lines than Indicas. From this observation, it was inferred that some lines might possess adult resistance which would be of potential importance in the future breeding program. Also, certain modifications on the current screening method might be required to further improve the efficiency of selection.

---

1. Contribution No. 1137 from Taiwan Agricultural Research Institute This study was supported in part by a grant from National Science Council.

2. Assistant Agronomist, Chiayi Agricultural Experiment Station, TARI. Chiayi, Taiwan 600, ROC.

中華農業研究（Jour. agric. Res. China）32(4)：383～389（1983）

小紅鰹節蟲生態觀察[1]

林　　欉　　　李錦霞[2]

摘要：小紅鰹節蟲（*Trogoderma granarium* Everts）在室內飼育觀察年發生6世代，卵期6－（7.5）－10天。卵之孵化率 41.9－（58.5）－100%。幼蟲齡期通常為4－6齡，但受溫濕度影響可多達7－9齡。幼蟲期 25－（49.1）－183 天，耐飢能力甚强，最長可生存一年以上。蛹期3－（5.0）－9天。每一雌蟲產卵次數5、6、7次占 64.7%， 2、3、4、8 次占32.4%，9、10次占2.9%。一次產卵數3－6粒占為 34.5%，1－2粒占為 30.9%，7－13粒占為 27.6%，14－20 粒占7%。一雌蟲產卵總數7－（43.3）－81粒，成蟲壽命5－（16.3）－37天。一世代平均所需日數 46.3－（61.7）－101.3天。一對成蟲經12個月飼養繁殖蟲數，在稻穀者為0－（6.0）－10隻，糙米者為 5,862－（7,960）－11,887 隻。其為害損失率稻穀為 0.3－（2.2）－2.7%，糙米為69.1－（78.9）－92.7%。成蟲並不為害，幼蟲為害糙米或破損之穀粒，但並不為害完整穀粒。此蟲在本省苗栗以北地區較少發生。

為減少稻穀於倉儲期間之蟲害損失，自民國65年起本所辦理加速農建稻穀倉庫害蟲防治，曾協助糧食局檢查各地農會寄來之稻穀樣品中害蟲發生種類及為害損失程度，但小紅鰹節蟲（*Trogoderma granarium* Everts）甚少發現。而此蟲67年曾在外銷米中被發現，因此糧食有關單位受國外之警告。筆者早在53年及59年曾於嘉義地區之花生及埔里酒廠之倉儲小麥發現小紅鰹節蟲。林氏[2] 於 1970 年調查北部麵粉廠時發現該蟲分佈在各廠為害小麥。該蟲近年來在中部地區儲穀中普遍發生，而苗栗以北地區部分倉庫亦陸續發現。其生活習性在本省迄未詳細觀察，為應現行稻穀貯藏方式改變及害蟲防治需要，故在臺中霧峰本所室內飼育及觀察生活史，所獲結果整理報告，可供防治之參考。

材料與方法

試驗期間所用之小紅鰹節蟲採自臺中北屯及南投竹山農會倉庫之貯藏稻穀中於室內用糙米飼育繁殖。

生活史觀察：用 1.2×2.3 cm 小玻璃皿，分別放入稻穀、糙米、碎米末各約 0.2 g，其含水量為12.5－13%，供作幼蟲飼養及成蟲產卵觀察。

繁殖力及為害之觀察：累積繁殖及為害損失，用 13×14 cm 玻璃筒放入糙米或稻穀 100 g，將雌雄1對放入，筒口用細布覆蓋並以橡皮圈束緊，10組重複，另設二無蟲對照組，每2個月檢查一次，並將稻穀或糙米篩過後秤量，計算繁殖蟲數及被害損失量。

幼蟲耐飢能力觀察：用 5.5×1.5 cm 玻璃皿，放入幼蟲50隻，不給任何食物，蓋妥皿蓋，三組重複，另設50隻給飼碎米末為對照，視其生存情形。

1.臺灣省農業試驗所　研究報告第 1138 號 。本工作承行政院農業發展委員會中央加强農村建設（71 農建-4.1-產-40（4））計畫補助經費完成。

2.本所應用動物系助理，計畫助理。臺灣省　臺中縣　霧峰鄉。

分佈之初步調查：在苗栗以北新竹、桃園、臺北、宜蘭等縣農會倉庫調查所貯藏之69年2期袋裝稻穀或散堆稻穀堆表面各取樣稻穀約 2 kg，用篩子篩出所有害蟲放入細佈袋携回室內檢查，以瞭解其分佈地區。

形 態

一、成蟲：體橢圓形。在蛹殼內羽化，初時全體白色，漸變淡褐而至暗褐色。頭小，暗褐色。複眼黑色。觸角棍棒狀，11節。前胸背呈黑色，胸腹部略扁平，前胸腹板倒鉢狀，中胸板梯狀，後胸腹板帶狀。脚細長，附節5節，全體生褐色細毛。體長雌蟲爲2.6-(2.7)-3.0mm，雄蟲爲1.7-(1.9)-2.1mm。

二、卵：橢圓形或呈紡錘形，乳白色半透明，一端較圓，一端較尖尖端部份有些卵粒不圓滑，孵化前變褐色。長 0.60-(0.66)-0.70 mm。

三、幼蟲：紡錘形。淡褐色或暗褐色。頭部細小暗褐色。觸角3節。體背具魚叉狀刺毛，雜有淡黃色節紋。腹部乳白色，第6－9腹節背面刺毛較深呈較短褐 色絨毛狀。胸脚細小。體長 4.0-(5.2)-6.5 mm。

四、蛹：在老熟幼蟲之脫皮殼中化蛹，老熟幼蟲自胸部背面至8節胴背中央縱裂，可見蛹背面生有不規則細毛。體長雌爲 3.4-(4.3)-5.4 mm，雄爲 2.8-(3.2)-3.4 mm。

生活習性

分佈：現有已發生地點在臺中、南投縣各農會倉儲稻穀中發生甚爲普遍，但在苗栗以北調查23處倉庫中僅竹南倉庫有發現。目前南部枋寮地區亦有發生。

被害物：除糙米外，尚能爲害小麥、花生、玉米、甘藷簽、豆粉、餅乾、乾果等。

一、卵：卵散產於米粒間，一處僅1粒。卵期之長短受溫濕度影響稍有差異，約需6－(7.5)-10天。經110天觀察3,230粒卵之孵化率爲41.9-(58.5)-100%。

表 1. 小紅鰹節蟲卵期
Table 1. Egg periods of khapra beetle

觀察時間 Observation date	卵期(天) Egg period (Day) 6	7	8	9	10	平均 Avg.	平均溫度 Avg. temp.
18-25/V '81		35	3			7.1	26.4
16-23/VII		22				7.0	27.8
25-31/VIII	28	15				6.3	28.5
15-22/X		19	11			7.4	27.1
15-24/I '82				18	4	9.2	18.0
17-25/III			16	3		8.2	24.5
合計 Total	28	92	30	21	4	7.5	
比率 Percentage	16.0	52.6	17.1	12.0	2.3		

二、幼蟲：幼蟲期間自卵孵化至幼蟲老熟通常具4－6齡，但每因受溫濕度影響而延長幼蟲期並

增加脫皮次數達 7 - 9 齡。幼蟲全期最短爲25- (34.8) -58天，最長42- (86.2) -183天，平均 31.5- (49.1) -81.2天。幼蟲自孵化後，選擇米胚較柔軟處取食其表皮 ，糙米被害後變成白米狀，被害嚴重時嚙食成粉碎米。幼蟲在無食料狀況，尙可耐飢生存 1 年以上，在此情況下，幼蟲通常能增加脫皮次數。

表 2. 小紅鰹節幼蟲齡期

Table 2. Larval stage of khapra beetle

世代及蟲數 Generation & No. of insects		一 齡 1st instar	二 齡 2nd instar	三 齡 3rd instar	四 齡 4th instar	五 齡 5th instar	六 齡 6th instar	七 齡 7th instar	八 齡 8th instar	九 齡 9th instar
1	幼蟲	41	41	41	41	36	10			
	蛹				5	26	10			
2	幼蟲	44	44	44	44	40	6	1		
	蛹				4	36	5	1		
3	幼蟲	44	44	44	44	44	18	8	6	3
	蛹					26	10	2	3	3
4	幼蟲	40	40	40	40	40	35	16		
	蛹					5	19	16		
5	幼蟲	48	48	48	48	47	27	3	1	
	蛹				1	20	24	2	1	
6	幼蟲	43	43	43	43	43	22	2		
	蛹					21	20	2		

表 3. 小紅鰹節蟲幼蟲期

Table 3. Larval stage of khapra beetle

觀察時間 Observation date	蟲數(隻) No. of insects	最短(天) Min. (Day)	最長(天) Max. (Day)	平均(天) Avg. (Day)
27/V-9/VII'81	41	25	42	31.5
15/VII-2/IX	44	26	48	32.4
31/VIII-2/III'82	44	29	183	55.6
19/X-6/II	40	58	103	81.2
19/I-6/IV	48	34	77	48.0
19/III-22/V	43	37	64	46.1
平均 Avg.		34.8	86.2	49.1

三、蛹：蛹期經3-(5.0)-9天。老熟幼蟲均在被害米穀間化蛹。

表 4. 小紅鰹節蟲蛹期
Table 4. Pupal stage of khapra beetle

觀察時間 Observation date	蛹數 No. of pupae	最短 Min.	最長 Max.	平均 Avg.
24/Ⅴ-17/Ⅶ '81	41	3	6	4.5
14/Ⅷ-7/Ⅸ	44	3	6	4.2
29/Ⅸ-9/Ⅲ '82	44	4	7	4.5
28/Ⅻ-12/Ⅱ	40	4	9	5.7
22/Ⅱ-1/Ⅳ	48	4	7	5.7
26/Ⅳ-4/Ⅵ	43	4	7	5.3
平均 Avg.		3.7	7.0	5.0

四、成蟲：成蟲初羽化時體軀柔軟，靜止在蛹殼內，經2-6天始脫離蛹殼，在米粒間自由活動交尾。產卵前期1-3天，通常產卵於每天連續產卵者占70%以上，間隔1-3天者約占30%，卵散產於米粒間，一次產卵數3-6粒占34.5%，1-2粒占30.9%，7-13粒占27.6%，14-20粒占7%。每一雌蟲產卵次數5、6、7次占64.7%，2、3、5、8次者共占32.4%，9、10次者共占2.9%，但每一雌蟲產卵總數為7-(43.3)-81粒。

成蟲壽命：經在1年期間，在室內觀察256隻配對成蟲，雌蟲壽命最短為7-(10.8)-14天，最長19-(25.8)-37天，平均10.4-(15.8)-21.5天；而雄蟲最短為5-(9.7)-16天，最長19-(24.5)-29天，平均12.8-(16.8)-21.1天。

表 5. 小紅鰹節蟲壽命
Table 5. Lengevity of khapra beetle

觀察時間 Observation date	雌 ♀ 蟲數(隻) No. of in-sects	雌 ♀ 最短(天) Min. (Day)	雌 ♀ 最長(天) Max. (Day)	雌 ♀ 平均 Avg.	雄 ♂ 蟲數(隻) No. of in-sects	雄 ♂ 最短(天) Min. (Day)	雄 ♂ 最長(天) Max. (Day)	雄 ♂ 平均 Avg.
26/Ⅵ-27/Ⅶ '81	19	7	19	10.4	22	5	19	12.8
13/Ⅷ-21/Ⅸ	17	9	25	13.3	27	6	22	13.0
5/Ⅹ-30/Ⅱ '82	17	14	37	21.5	27	8	29	18.7
2/Ⅰ-1/Ⅲ	24	14	24	18.7	16	16	28	21.1
3/Ⅲ-24/Ⅳ	27	10	28	17.1	21	14	27	19.0
2/Ⅴ-21Ⅵ	19	11	22	13.5	20	9	22	16.1
		10.8	25.8	15.8		9.7	24.5	16.8

生 活 史

年發生世代：在本省一年發生之世代，依據1年來在室內飼育觀察之結果，年發生約6世代，就

其各世代發生經過情形列如表 6 。

表 6. 小紅鰹節蟲各世代所經天數

Table 6. Days required for khapra beetle to finish a generation

觀察時間 Observation date	世代 Generation	各蟲期天數 Days of each stage 卵 Egg	幼蟲 Larva	蛹 Pupa	各世代平均天數 Days of generation
19/V-10/VII '81	1	7-(7.1)-8	25-(31.5)-42	3-(4.5)-6	35-(43.1)-56
8/VII-7/IX	2	7	26-(32.4)-48	3-(4.2)-6	36-(43.6)-61
24/VIII-9III '82	3	6-(6.3)-7	29-(55.6)-183	4-(4.5)-7	39-(66.4)-197
12/X-12/II	4	7-(7.4)-8	58-(81.2)-103	4-(5.7)-9	69-(94.3)-120
11/I-21/III	5	9-(9.2)-10	34-(48.0)-77	4-(5.7)-7	50-(62.9)-94
10/III-31/V	6	8-(8.2)-9	37-(46.1)-64	4-(5.3)-7	49-(59.6)-80
平均 Avg.		6.1-(7.5)-7.0	34.8-(49.1)-86.2	3.7-(4.9)-7.0	46.3-(61.7)-101.3

繁殖力及爲害損失情形：將雌雄 1 對加以飼養繁殖，經 12 個月檢查之結果，在稻穀組繁殖爲0-(6.0)-10隻。糙米組繁殖爲5,862-(7,960)-11,887隻（表 7）。其爲害損失之估計（表 8），成蟲繁殖力之供試 100g 稻穀或糙米，經12個月期間被害損失量，稻穀損失爲 0.3-(2.2)-2.7%。糙米損失爲69.1-(78.9)-92.7%。

表 7. 小紅鰹節蟲之累積繁殖

Table 7. Accumulative reproduction of khapra beetle

經過期間（月） Testing period (Month)	供試物重（g） Wt. of food	供試蟲數（對） No. of initial insects (pr.)	繁殖總蟲數（隻） Total no. of insects reproduced 最少 Min.	最多 Max.	平均 Avg.	死亡總蟲數（隻） Total no. of insects dead 最少 Min.	最多 Max.	平均 Avg.
稻穀 Grain								
2	100	1	0	4	0.5	0	3	0.3
4	100	1	0	10	4.5	0	10	1.8
6	100	1	0	10	4.5	0	10	4.5
8	100	1	0	10	5.5	0	10	4.5
10	100	1	0	10	5.5	0	10	4.5
12	100	1	0	10	6.0	0	10	4.8
糙米 Brown rice								
2	100	1	30	64	52.3	29	58	49.6
4	100	1	279	543	383.7	68	104	85.0
6	100	1	281	682	432.0	140	395	179.7
8	100	1	1,090	2,750	1,645.0	235	650	408.7
10	100	1	3,653	5,725	4,291.6	693	1,191	927.7
12	100	1	5,862	11,887	7,960.0	1,372	5,807	2,225.9

表 8. 小紅鰹節蟲為害損失之估計
Table 8. Estimation of loss caused by khapra beetle

經過期間 Testing period (Month)	對照穀重量 Wt. of rice of w/oinsects	被害後穀重量 Wt. of damaged rice			被害損失量 Loss (%)		
		最少 Min.	最多 Max.	平均 Avg.	最少 Min.	最多 Max.	平均 Avg.
稻穀 Grain							
2	93.7	93.7	93.9	93.7	0	0	0
4	93.5	93.3	93.5	93.5	0	0.1	0
6	96.4	96.2	96.4	96.3	0	0.2	0.1
8	97.1	96.9	97.1	96.9	0	0.2	0.2
10	93.3	93.1	93.3	93.1	0	0.2	0.2
12	102.4	93.7	102.2	100.1	0.3	2.7	2.2
糙米 Brown rice							
2	100.6	93.3	100.5	100.3	0.1	1.2	0.3
4	101.3	96.0	98.2	97.5	3.0	5.2	3.8
6	97.4	90.6	93.7	91.9	3.8	7.0	5.6
8	98.8	81.4	88.7	84.6	10.2	17.6	14.4
10	101.0	52.4	65.5	62.1	35.2	48.1	39.0
12	103.3	7.5	32.0	21.8	69.1	92.7	78.9

越冬：據室內飼養觀察發現，此蟲以幼蟲越冬，在低溫時發育較遲緩而延長幼蟲期，且增加脫皮數，故被害之米穀表面殘留甚多幼蟲皮殼。

結論

依據林氏[2] 在北部室內飼育觀察生活史，其卵期爲 3 天，幼蟲爲 6 齡，幼蟲期爲40.4天，蛹期爲 6 天，成蟲期爲 7 天。但全年度之發生世代未進行觀察。

據 2 年來就各地採取稻穀樣品檢查，發現該蟲已在中部地區各倉庫儲藏稻穀蔓延爲害，經詳細觀察瞭解其生活習性，卵期爲6-(7.5)-10天，幼蟲期通常爲 6 齡，而最多竟達 9 齡，幼蟲期爲25-(49.1)-81.3天，蛹期爲3-(5.0)-9天，成蟲壽命雌蟲最短爲 5-(16.3)-37天，最長爲 19-(25.8)-37天，平均10.4-(15.8)-21.5天，雄蟲最短爲5-(9.7)-16天，最長爲19-(24.5)-29天，平均12.8-(16.8)-21.2天。幼蟲耐飢能力 1 年以上。此結果與以前觀察除卵期有明顯差異外，其餘者均頗相近。目前該蟲已在中部地區倉庫中發生，爲免此蟲廣大傳佈，在未採用適當藥劑防治前，應管制中部倉庫稻米漸不得搬運他處，以防該蟲蔓延爲害。

參考文獻

1. 林　檥・1968・積穀害蟲與益蟲之調查（一）・農業研究 17(3)：39～45。
2. 林俊光・1971・臺灣倉庫小紅鰹節蟲 *Trogoderma granarium* Everts 之生物學研究・植物保護學會會刊 13 (1)：18～23，4 figs。
3. 林俊光・1973・臺灣－小紅鰹節蟲 *Trogoderma granarium* Everts 之生物學研究（II）・植物保護學會會刊

15(2)：86～92。

4.三輪勇四郎・1931・臺灣產昆蟲目錄（鞘翅目）。臺灣總督府中央研究所農業部報告 55：1～339。

5.中山昌之介・1932・ヒメアカカツヲブシムシの研究・朝鮮總督府農事試驗場報告 18：1～23，2 figs。

Studies on Ecology of Khapra Beetle, *Trogoderma granarium* E.[1]

Tsung Lin and Chin Hsia Li[2]

Summary

The khapra beetle, *Trogoderma granarium* Everts, had six generations a year. The egg with an incubation period of 6-(7.5)-10 days had 41.9-(58.5)-100% hatched. Larval stage normally consisted of 4-6 stadia, while influenced with temperature and humidity it could postponed ot 7-9 stadia, and this period lasted 25-(49.1)-183 days. The larvae was highly tolerable to starvation, and could generally persist for more than one rear without feeding. The pupal stage was 3-(5.0)-9 days. There were 64.7% of the female oviposting 5, 6, 7 times, 32.4% ovipositing 2, 3, 4 or 8 times and 2.9% ovipositing 9.10 times 34.5%, 30.9%, 27.6% and 7% of the female oviposited 3-6, 1-2, 7-13 and 14-20 eggs, respectively. The total number of egg laid by one female 2as 7-(43.3)-81. The adult existed 5-(16.3)-37 days. It took.46.3-(61.7)-101.3 days to complete one generation. One pair of abult beetles reproduced 0-(6.0)-10 and 5,862-(7,960)-11,887 individuals and cause 0.3-(2.2)-2.7% and 69.1-(78.9)-92.7% of the loss when feeding on rcei grain and corse rice, respectively, for 12 months. The adult did not make any damage on rice. The larvae injury on coarse rice or broken rice, but not on whole grain. This pest was rarely occurred in the brea north of Miao-Li.

1. Contribution No. 1138 from the Taiwan Agricultualr Research Institute.

2. Research Assistant and Project Assistant, respectively, Department of Applied Zoology, TARI, Wufeng, Taichung Hsien, Taiwan 431, ROC,

中華農業研究

第三十二卷　目　次

卜瑞雄、黃眞生——水稻臺農 67 號對稻熱病抵抗性改良之研究 ……201
王清玲——唐昌蒲球莖蟎（*Rhizoglyphus robini*）之爲害與其防治（英文）……75
王德男——促進蓮霧提早開花調節產期之研究 Ⅱ.化學藥劑及耕作處理對蓮霧催花效果之研究……129
李　良、廖嘉信——甘藷塊根粗澱粉率變異之研究……325
李子純——磷素肥料在土壤中的變化聚積及其被旱作利用之研究……172
李文台、鄭　允——蔬菜農藥殘留問題之研究 Ⅰ.蔬菜性狀對農藥粘著及消退之影響（英文）……292
呂宗佳——玉米測交與全互交分析……312
呂宗佳、盧煌勝、萬雄——雙交種暗玉米產量穩定性之研究……219
林正忠、連麗仙——臺灣蕪菁嵌紋病對十字花科蔬菜病徵之比較……367
林錫錦——大豆不同品種根瘤菌固氮能力與產量間關係之研究……253
林錫錦——水田滿江紅固氮之肥效及抑制稻田雜草之研究……348
林　欉、李錦霞——小紅鰹節蟲生態觀察……383
邱再發、張淑賢——柑桔缺硼症之診斷與防治方法之研究……161
邱善美——Jojoba之生長習性及開花形式……105
邱善美、韓青梅、莊周瑞——亞麻植期及種子成熟度對蒴果發育與含油量之影響……233
周桃美、鄭允——小菜蛾抗藥性之研究 Ⅲ.對三種殺蟲劑之抗性發展及引發之交互抗性（英文）……146
胡敏夫——食用美人蕉品種間農藝特性及澱粉含量之研究……336
連　深、王鐘和——長期連用矽酸爐渣對水稻收量和土壤化學性質之影響……185
許仁宏——檬果腋花穗之誘引……32
郭益全、謝順景——稻米粒品質之改良 Ⅱ.米粒膠體硬度及顆粒澱粉含量之遺傳……14
曹幸之——利用種子生產馬鈴薯之栽培研究……341
陳健忠、邱瑞珍——臺灣稻縱捲葉蟲天敵之調查……286
陳隆澤——水稻品種（系）對稻熱病抵抗性反應之研究……1
張清安、郭燕君——豇豆蚜媒嵌紋病毒及其對長豇豆產量及品質之影響……270
張淑賢、胡南輝、陳春泉、邱再發——臺東地區木瓜缺硼臨界濃度之測定與其土壤中含硼狀況之研究……238
黃文良——本省柑橘園土壤之酸性化與其酸性來源……83
温宏治、李錫山——粒狀殺蟲劑對西瓜生育初期害蟲防治試驗……155
葉忠川——臺灣大豆銹病菌生理小種之鑑定（英文）……69
葉忠川——菜豆抗銹病篩選及臺灣菜豆銹病菌之生理小種……259
楊遜謙——水稻在不同生育時期對褐飛蝨抵抗性反應之初步觀察……379
楊藹華、梁文賓、魏夢麗、劉大江——二期作水稻光合成物質的生產、分配及與產量間的關係……209
廖英明——光線、培養基、酸鹼度及溫度對*Lepiota naucina* 菌絲生長之影響……139
廖嘉信、鍾美珊、蔡新聲——病毒對甘藷農藝性狀的影響……228
鄭　允、周桃美、高靜華——小菜蛾抗藥性之研究 Ⅳ. *Glutathione-S-transferase*在抗有機磷品系中之變化……373
劉　清、何　惠、曹紹徽——水稻農藝性狀取樣方法之研究 Ⅰ.期作間之比較……122
劉政道——季節變異對茭白花性表現之影響（英文）……50
劉新裕、梁純玲——甘藷、樹薯及馬鈴薯之酒精生成效益研究（英文）……111
賴本智、陳良築、許淼淼、蔡新聲——蘆筍莖頂培養之研究……23
簡錦忠、曾方明、謝麗娟——稻小粒菌核病之研究 Ⅱ.田土中菌核之密度及不同水份酒勢對病菌生長之影響……279
簡錦忠、張義璋、廖英明、歐世璜——臺灣水稻新病害—稻細菌性穀枯病……360
顏昌瑞——荔枝大核與小核種果實性狀變異之研究（英文）……39
顏欽崇、楊清祥——水稻聯合收穫機用於收穫高粱之研究試驗……92
魏夢麗、劉大江——期作間水稻光合成物質生產、分配及產量之比較……303

JOURNAL OF AGRICULTURAL RESEARCH OF CHINA

Contents of Volume 32, 1983

Buu, R. H. and C. S. **Huang**—Studies on the Improvement of Balst Disease Resistance of Japonica Rice, Tainung 67 ··· 201

Chang, Chin-An and **Yen-Jen Kuo**—Cowpea Aphid-borne Mosaic Virus and Its Effect on the Yield and Quality of Asparagus Bean ··· 270

Chang, S. S., **N. H. Hu**, C. C. **Chen** and **T. F. Chiu**—The Diagnostic Criteria of Boron Deficiency in Papapa and the Soil Boron Status of Taitung Area ··· 238

Chen, Chien-Chung and **Shui-Chen Chiu**—A Survey on Natural Enemies of the Rice Leaf Roller in Taiwan ··· 286

Chen, Lung-Che—Studies on the Reaction of Rice Varieties and Selections to Blast Disease ··· 1

Cheng, Edward Y., Tao-mei Chou and**Ching-Hua Kao**—Insecticide Resistance Study in *Plutella xylostlla* (L.) Ⅳ. The Activies of Glutathione-S-transferase in the Organophsphorus-resistant Strains ··· 373

Chien, C. C., F. M. Thseng and **L. C. Shieh**—Studies on Stem-rot Disease of Rice II. The Population Density of Sclerotia in Rice Paddy and thd Effect of Water Potential on the Growth of the Pathogen ··· 279

Chien, C. C., Y. C. Chang, **Y. M. Liao** and **S. H, Ou**—Bacterial Grain Rot of Rice-A New Disease in Taiwan ··· 360

Chiu, C. F. and**S. S. Chang**—A Study on Diagnosis and Correction of Boron Deficiency in the Citrus Orchard ··· 161

Chiu, S. M. —Growth Habits and Flowering Pattern of Jojoba ··· 103

Chiu, S. M., C. M. Han and **J. R. Juang**—Effect of Sowing Date and Seed Maturation on the Capsule Development and Seed Oil Content of Flax ··· 233

Chou, Tao-meia nd **Edward Y. Cheng**—Insecticide Resistance Study in *Plutella xyloste lla* (L.) III. The Insecticide Susceptibilities and Resistance Response of a Native Susceptible Strain ··· 146

Hu, M. F. —Studies on the Agronomic Characteristics and the Starch Contents of Two Edible Canna Varieties (*Canna edulis* Ker.) ··· 336

Huang, Wen-Lian—Acid Source and Its Acidification of Citrus Orchard Soils of Taiwan ··· 83

Kuo, Yih-Chuan and **Sung-Ching Hsieh**—Improvement of Grain Quality in Rice II. Genetical Studies on Gel Consistency and Amylose Content ··· 14

Lai, Pen-Chih, Liang-Jwu Chen, Meau-Meau Hsu and **Hsin-ShengTsay**—Studies on Shoot Tip Culture of Asparagus ··· 23

Lee, Tzong-Chia—Analysis of Testcross and Diallel Sets of DMR Maize Inbreds ··· 312

Lee, Tzong-Chia, Hung-Shung Lu and **Hsiung Wan**—Studies on the Yield Stability of Double Hybrids of Opaque-2 Maize ··· 219

Lee, Tze-Shun—The Accumulation, Transformation, and Utilization of Phosphorus Fertilizer Applied in Different Soils under Upland Condition ··· 172

Lee, Wen-Tai and **Edward Y. Cheng**—A Systematical Study of Insecticide Residues on Vegetables I, The Influences of Plant Varieties on the Deposition and Dissipation of Insecticides ··· 229

Li, Liang and **Chia-Hsin Liao**—Variation in Crude Starch Percentage of Sweet Potato (*Ipomoea batatas* (L.) Lam.) ············325
Lian, S. and **C. H. Wang**—Effects of Long Term Application of Siliceous Slag on Paddy Yield and Chemical Properties of Soil ············183
Liao, Chia-Hsin, Mei-Lie Chung and **Hsin-Sheng Tsay**—Influence of Sweet Potato Viruses on the Performaces of Some Agronomic Characteristics of Sweet Potatoes (*Ipomoea batatas* (L.) Lam.) ············228
Liao, Ying-Ming—Effect of Light, Composition of Medium, PH, and Temperature on the Mycelial Growth of *Lepiota naucina* ············139
Lin, C. C. and **L. S. Lian**—Comparative Cruciferous Host Symptoms of Turnip Mosaic Virus Isolated in Taiwan············367
Lin, C. J.—Studies on the Fertility of Azolla for Rice and the Suppression of Weeds by Azlla Mats in Rice Paddies ············348
Lin, Chyi-Jiin—Studies of the Relationship between the N_2-Fixation Activity of *Rhizobia* and the Yield of Different Soybean Varieties············253
Lin, Tsung and **Chin-Hsia Li**—Studies on Ecology of Khapra Beetle, *Trogoderma granarium* E.···383
Liou, Tsung Dao—Seasonal Variation Affecting Sex Expression of Coba (*Zizania latifolia* Turcz.) ············50
Liu, C., H. Ho and **S. H. Tsao**—Studies on Sampling Method of Rice Agronomic Characters I. Comparison between Crops ············122
Liu, Sin-Yie and **Chun-Ling Liang**—Studies on the Efficiency of Alcohol Production in Sweet Potato, Cassva, and Potato············111
Shu, Zen-Hong—Axillary Panicle Induction in Mango (*Mangifera indica* L.) ············32
Tsao, S. J.—Studies on the Field Use of Potato True Seeds in Tuber Production ············341
Wang, Chin-Ling—The Infestation and Control of Bulb Mite (*Rhizoglyphus robini*) on Glandiolus···73
Wang, Der-Nan—Flower Forcing in Wax-apple II. Effects of Cultural and Chemical Treatments on Flower Induction of Wax-apple············129
Wei, M. L. and **D. J. Liu**—Comparison on the Yield and the Production and Distribution of Dry Matter in Rice between Crop Seasons············303
Wen, Hung-Chich and **Hsi-Shan Lee**—Effects of Granular Insecticides on the Control of Some Pests during Early Growth Stage of Watermelon Plants ············155
Yang, A. H., W. S. Liang, M. L. Wei and **D. J. Liu**—The Relationship between Photosynthetic Production during Grain-filling and Grain Yield of the Second Crop Rice ············209
Yang, S. C.—Reaction of Rice Hybrid Lines to the Brown Plantopper at Different Growing Stages···379
Yeh, C. C.—Physiological Races of *Phekopsora pachyrhizi* in Taiwan ············69
Yeh, C. C.—Screening Commom Beans for Rust Resistance and Physiological Races of Bean Rust Fungus in Taiwan ············259
Yen, C. C. and **C. H. Yang**—Modification and Improvement of Rice Combine into Sorghum Combine ············92
Yen, Chung-Ruey—Variation in Fruit Characters between Normal-and Shrivelled-Seed Lychee Varieties ············39

Vol. 32, No. 4 December 1983

JOURNAL OF AGRICULTURAL RESEARCH OF CHINA

(Formerly Journal of Taiwan Agricultural Research)

CONTENTS

Comparison on the Yield and the Production and Distribution of Dry Matter in Rice between Crop Seasons...... M. L. Wei and D. J. Liu...... 303
Analysis of Testcross and Diallel Sets of DMR Maize Inbreds .... Tzong-Chia Lee...... 312
Variation in Crude Starch Percentage of Sweet Potato (*Ipomoea batatas* (L.) Lam.) ....Liang Li and Chia-hsin Liao...... 325
Studies on the Agronomic Characteristics and the Starch Contents of Two Edible Canna Varieties (*Canna edulis* Ker.) ...... M. F. Hu...... 336
Studies on the Field Use of Potato True Seeds in Tuber Production .... S. J. Tsao...... 341
Studies on the Fertility of Azolla for Rice and the Suppression of Weeds by Azolla Mats in Rice Paddies........................C. J. Lin...... 348
Bacterial Grain Rot of Rice—A New Disease in Taiwan ....C. C. Chien, Y. C. Chang, Y. M. Liao and S. H. Ou...... 360
Comparative Cruciferous Host Symptoms of Turnip Mosaic Virus Isolated in Taiwan.............................. C. C. Lin and L. S. Lian 367
Insecticide Resistance Study in *Plutella xylostella* (L.) Ⅳ. The Activities of *Glutathione*-S-*transferase* in the Organophosphorus-resistant Strains..........Edward Y. Cheng, Tao-mei Chou and Ching-hua Kao...... 373
Reaction of Rice Hybrid Lines to the Brown Planthopper at Different Growing Stages.. S. C. Yang...... 379
Studies on Ecology of Khapra Beetle, *Trogoderma granarium* E. .... Tsung Lin and Chin Hsia Li...... 383

Published by
THE TAIWAN AGRICULTURAL RESEARCH INSTITUTE
Taichung Hsien, Taiwan, Republic of China

行政院新聞局出版事業登記證局版臺誌字一四八七號
中華郵政臺字第二〇七六號登記為第一類新聞紙類

發行人 萬 雄 臺中縣霧峰鄉萬豐
印刷所 臺灣省政府印刷廠 臺中縣大里鄉草湖